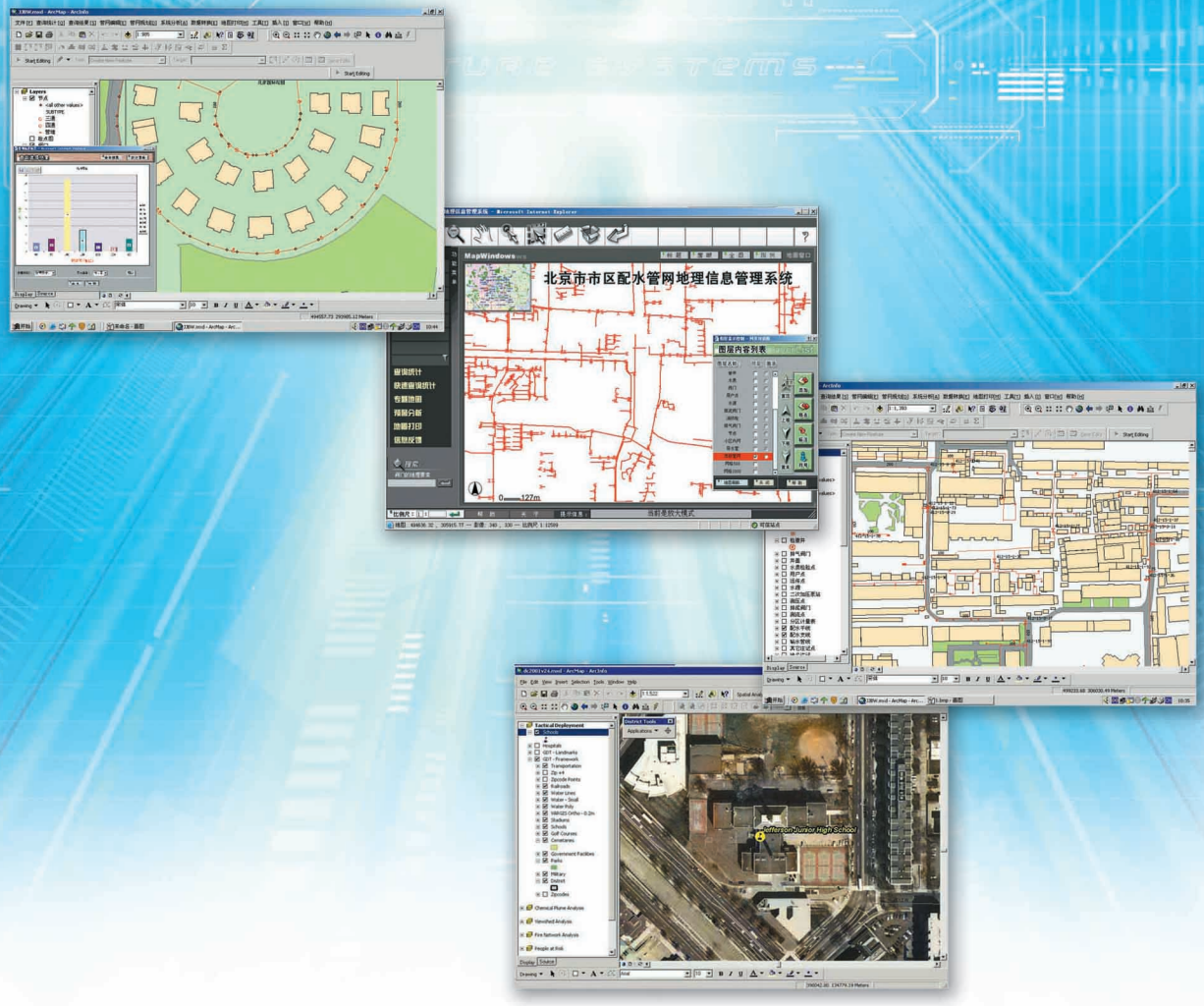
ArcGIS

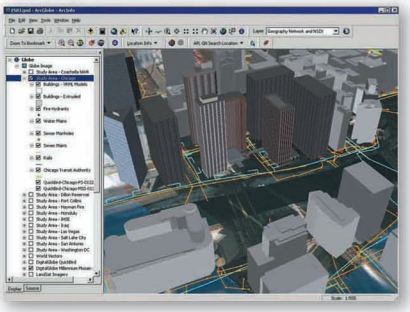
在地下管线管理中的应用



ESRI 中国（北京）有限公司
ESRI China (Beijing) Limited

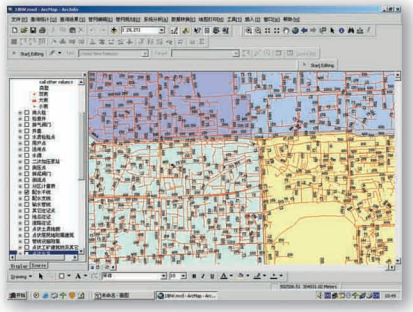
ESRI 中国（北京）有限公司
ESRI China (Beijing) Limited

部分典型案例



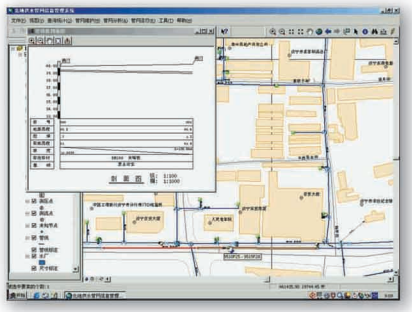
城市综合管线

- ◇ 北京市数字市政系统综合管线
- ◇ 广州市数字市政系统
- ◇ 上海市政综合市政管线系统
- ◇ 厦门城建档案馆综合地下管线系统
- ◇ 大连建委档案馆综合地下管线系统
- ◇ 河南焦作规划局综合管网
- ◇ 乌鲁木齐城建档案馆
- ◇ 苏州规划局
- ◇ 成都规划局



城市燃气

- ◇ 天津燃气集团
- ◇ 沈阳煤气公司
- ◇ 郑州煤气集团
- ◇ 广州煤气公司
- ◇ 上海燃气市北公司
- ◇ 上海燃气浦东公司
- ◇ 石家庄燃气热力集团

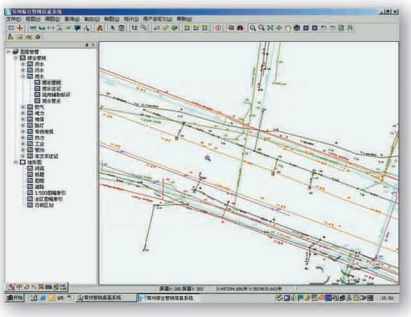


城市燃气

- ◇ 上海市排水集团
- ◇ 北京城市排水集团有限公司
- ◇ 武汉城市排水发展有限公司
- ◇ 邯郸市市政污水处理有限公司
- ◇ 石家庄污水处理有限公司
- ◇ 昆明城市排水有限公司

城市燃气

- ◇ 北京自来水集团
- ◇ 上海市北自来水集团
- ◇ 沈阳自来水公司
- ◇ 郑州自来水公司
- ◇ 广州自来水公司
- ◇ 长沙自来水公司
- ◇ 大连自来水公司



前　　言

自从 90 年代初期 ESRI 公司在中国开展业务以来，中国的 GIS 产业得到了长足的发展，ESRI 的 ArcGIS 产品家族软件已成为中国用户群体最大，应用领域最广的 GIS 技术平台。

作为世界领先的 GIS 技术提供商，ESRI 长期关注地下管线管理应用领域，拥有成熟的解决方案和众多的用户。在中国，大量的地下管线管理系统采用了 ArcGIS 平台，推动了整个行业的 GIS 应用水平。

城市公用事业是 GIS 技术的重要应用领域之一，燃气、供水、排水等企业是公用设施的权属单位，GIS 技术的重要性已经得到了众多企业的认可和采用。利用 GIS 技术，企业可以有效管理遍布于城市的各个角落的城市管网和设施，从而加强企业管理，减少事故发生，创造更多的社会效益和企业效益。

相对于面向政府宏观管理的城市综合管线管理系统，面向管线权属企业的管线管理系统是微观的，针对企业的设施管理和运行调度，具有一定的专业性，所以我们将其定义为“专业管线管理”。

管线管理 GIS 项目的建设，是一个涉及技术、管理、数据等问题的复杂的系统工程，每一个组织、开发和参与项目的人都深有感触。在 ESRI 中国（北京）有限公司的《ArcGIS 中国用户大会论文集》和《中国通讯》上，曾经发表了大量有关专业管线管理 GIS 项目建设和运行的文章，这些文章大多由 ArcGIS 用户和 ESRI 合作伙伴撰写，讨论了系统的建设、运行过程中的焦点问题，有很好的借鉴作用。

我们在上述文章中的选择了一些最具代表性的文章，同时选择了一些 ArcGIS 在国外相关领域应用的简要介绍，结集编成《论文集锦》，可以作为计划建设 GIS 系统的企业从中吸取有益的经验，也可为已建设 GIS 系统的企业提供借鉴。

ESRI 中国（北京）有限公司

2006 年 10 月

目　　录

城 市 燃 气 篇 ..... - 4 -
广州燃气管网地理信息系统 ..... - 5 -
燃气管网 GIS 系统解决方案 ..... - 10 -
基于 ArcGIS 的城市地下煤气管网管理系统数据库的设计方法 ..... - 18 -
沈阳市煤气管网地理信息系统的建立 ..... - 24 -
堪萨斯州燃气服务公司燃气设施的 GIS 系统实施 ..... - 29 -

城 市 排 水 篇 ..... - 30 -
GIS 全方位服务于城市排水管理——上海排水行业 GIS 建设实践 ..... - 31 -
GIS 在上海市区排水运行管理中的应用 ..... - 41 -
基于 ArcGIS 平台的排水管网 GIS 系统开发 ..... - 52 -
“信息系统就是管理”——广州市排水专业 GIS 系统建设 ..... - 63 -

城 市 供 水 篇 ..... - 73 -
北京市自来水管网管理中 GIS 的建设与应用 ..... - 74 -
长沙自来水公司供水企业管网管理信息系统 ..... - 84 -
上海市自来水管网综合管理 GIS 系统的设计与建设 ..... - 89 -
空间分析技术在天津供水管网 GIS 中的应用 ..... - 94 -
北京城市地下水 GIS 管理信息系统 ..... - 103 -
沈阳市供水管网地理信息系统简介 ..... - 106 -
借助土壤分析，诊断供水管道故障 ..... - 115 -
巴黎市利用 GIS 技术管理供水网络系统 ..... - 117 -

综 合 管 网 篇 ..... - 119 -
关于城市地下管线探测与信息化工作的探讨 ..... - 120 -
北京市地下管网综合管理信息系统 ..... - 128 -
城市地下管线信息系统质量保证机制探讨 ..... - 138 -
ArcGIS 在三维管网中的研究与应用 ..... - 144 -

ArcGIS 管线数据模型简介

管线网络是一个输送系统，各种各样的设施被按照某种规则连接在一起，协调动作，完成资源输送的职责，每一类设施在整个输送系统发挥不同的作用，有其各自的特点。应用 GIS 技术建立数据库的关键，是如何描述现实世界中，各个实体的特点和它们之间的关系，这一过程我们称之为建模，即用数据库的语言来模拟现实世界中实体的属性和行为，这些属性和行为有些是本身天然具有的，例如管道的管径和材质，也有一些是人为赋予的，例如使用年限、负责人等信息。建模的目的，是保证在数据库中的数据的完整性（包含了我们所需的所有信息）和一致性（与实体的现实状态是一致的）。

众所周知，ArcGIS 是一套通用型的 GIS 软件平台，应用领域非常广泛。每个应用领域有其自身的特点，体现在数据的组织和功能的需求上。

为了更好的支持不同领域的应用，在软件功能上，ArcGIS 充分考虑了 GIS 在各个领域的特点，不仅解决了 GIS 应用中大量的共性需求，还针对不同领域的应用开发了专用的功能，这些功能按照不同的类别，分别部署在核心产品和众多的扩展模块中。

除此之外，行业数据模型是 ESRI 行业解决方案的重要内容之一，其基础是面向对象的空间数据模型——Geodatabase（空间数据库）

其中，《ArcGIS 燃气配送数据模型》和《ArcGIS 城市给排水数据模型》分别应用于燃气配送和城市给排水领域，由美国 ESRI 与美国城市公用事业行业合作伙伴以及部分用户联合制定。

- **Geodatabase简介**

ArcGIS 的 Geodatabase（空间数据库）是一套面向对象的空间数据模型， 不仅能够管理点、线、面这些简单地理要素，还能够管理比如拓扑，网络，栅格目录，关系和域这些高级的 GIS 对象。通过 Geodatabase 对现实世界进行建模，可以在 GIS 中真实的反映现实世界中事物的属性和行为。

例如：在供水管网 Geodatabase 中，不仅管理了供水管网的管线、阀门、泵站、用户等数据，还能够定义它们之间的复杂关系。例如：不同管径的管线必须通过“变径”来连接（连通性规则），用户引入管的末端必须是水表（连通性规则），管材应该在几个候选项目中选择（属性域），水表通过编号与用户收费数据关联（关系类）。

Geodatabase 改变了传统 GIS 仅使用点、线、面来抽象空间实体的面向地图的数据组织方式，采用了全新的面向对象的技术。这样的数据模型，具有以下意义：

1) 保证数据了数据的完整性、规范性和一致性，从而使得 GIS 系统中最宝贵的财富——数据，得到了根本的保障。
2) 将数据模型和应用开发相对隔离，在应用程序之外定义数据模型，从而使得系统具有强大的生命力，而在传统的 GIS 当中，数据模型的定义是在应用开发中实现的。

3) 由于 Geodatabase 采用标准的关系型数据库来存储数据，而且支持多种主流的数据库管理系统（SQL Server、Oracle 等），数据模型相对独立的，可以为所有的 ArcGIS 应用程序共享。

- **管线数据模型**

根据 Geodatabase 数据模型相对独立可共享的特点，ESRI 联合行业合作伙伴和行业用户，制定了针对不同行业的数据模型，供 ArcGIS 的用户免费下载使用，成为 ArcGIS 行业解决方案的重要组成部分。

在数据模型中，定义了如下内容：

（1） GIS 系统管理的数据对象

定义了 GIS 系统都管理哪些设备，并将管线和设施按照一定的特征进行分类，再细分为子类型。例如：在燃气模型中，将所有管件分为设施和设备两种，每种下面又细分为阀门、调压站等子类型。

（2） 每个数据对象的管理内容和数据规则

定义了每个对象的管理内容，即属性结构，并定义了每个属性项的取值范围（属性域）。

（3） 对象之间的关系

定义了各种数据对象之间的关系，例如入户管线末端为水表。

对于中国的用户，该数据模型有以下重要意义：

（1） 借鉴国外的管理经验

数据库的设计在某种程度上反映了国外企业在设施管理上的思想和内容，对于国内的企业可以起到借鉴作用。

（2） 提高数据库设计的速度

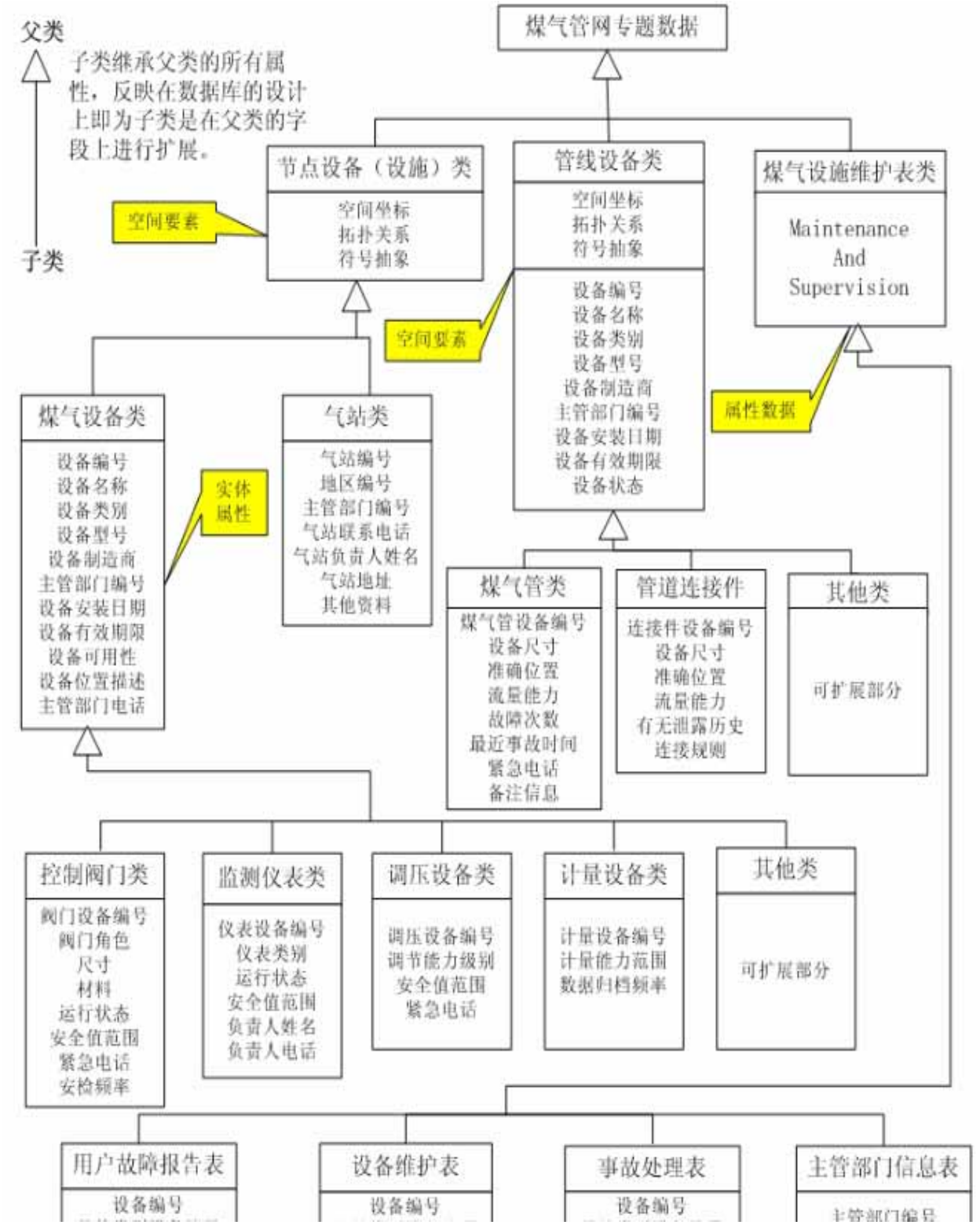
参照 ESRI 数据模型，中国的用户可以在数据库设计上节省时间，提高效率。

（3） 提高系统运行效率

按照 ESRI 数据模型进行设计的数据库，数据冗余是最小的，系统运行效率最高。

目前，ESRI 中国（北京）有限公司已经将数据模型的参考手册文档翻译成中文，有需要参考的业内人士可以免费索取，我们计划针对中国的现状，在数据模型的本地化上做更多的工作。

管网数据模型举例：


父类
子类继承父类的所有属性，反映在数据库的设计上即为子类是在父类的字段上进行扩展。
子类
煤气管网专题数据
节点设备（设施）类
空间坐标
拓扑关系
符号抽象
空间要素
管线设备类
空间坐标
拓扑关系
符号抽象
设备编号
设备名称
设备类别
设备型号
设备制造商
主管部门编号
设备安装日期
设备有效期限
设备状态
空间要素
煤气设施维护表类
Maintenance
And
Supervision
属性数据
煤气设备类
设备编号
设备名称
设备类别
设备型号
设备制造商
主管部门编号
设备安装日期
设备有效期限
设备可用性
设备位置描述
主管部门电话
实体属性
气站类
气站编号
地区编号
主管部门编号
气站联系电话
气站负责人姓名
气站地址
其他资料
煤气管类
煤气管设备编号
设备尺寸
准确位置
流量能力
故障次数
最近事故时间
紧急电话
备注信息
管道连接件
连接件设备编号
设备尺寸
准确位置
流量能力
有无泄露历史
连接规则
其他类
可扩展部分
控制阀门类
阀门设备编号
阀门角色
尺寸
材料
运行状态
安全值范围
紧急电话
安检频率
监测仪表类
仪表设备编号
仪表类别
运行状态
安全值范围
负责人姓名
负责人电话
调压设备类
调压设备编号
调节能力级别
安全值范围
紧急电话
计量设备类
计量设备编号
计量能力范围
数据归档频率
其他类
可扩展部分
用户故障报告表
设备编号
设备维护表
设备编号
事故处理表
设备编号
主管部门信息表

ArcGIS在地下管线管理中的应用

论文集锦

城 市 燃 气 篇

广州燃气管网地理信息系统

沈阳金建数字城市软件有限公司

一、案例简介

《广州燃气管网地理信息系统》是 2005 年 4 月沈阳金建数字城市软件有限公司在激烈的市场竞争中脱颖而出，凭借雄厚的技术实力与深厚的行业经验，一举中标。至 2005 年 4 月止沈阳金建数字城市软件有限公司已成功签约《沈阳燃气管网地理信息系统》、《南京燃气管网地理信息系统》、《广州燃气管网地理信息系统》、《沈阳供水管网地理信息系统》、《大连供水管网地理信息系统》、《北京供水管网地理信息系统》等典型案例。这也将进一步确定了沈阳金建数字城市软件有限公司在全国燃气/煤气/水企业在管线 GIS 应用领域的领导地位。该项目又是广州“数字市政”的重点工程，在“数字广州”的建设中具有重大意义。

广州市煤气公司是华南地区最大的燃气大型国有企业，集煤气的设计、施工、安装、生产、输配、管理等为一体。公司有管道气用户 110 万户，气源厂 1 个，东、西两个储配站，输配管网 1700 多公里(其中中压管线 1000 公里)，主阀门近 3000 个，调压设备 8000 多个，日供气量近 70 万立方米。

广州市煤气管网地理信息系统是一个全市范围内的煤气管网地理信息系统，依靠该系统对全市范围内煤气管线、阀门、调压站以及施工图纸等资源进行统一管理和处理。主要目的在于通过加强资源管理和信息共享，及时提供所需的信息资源和各类数据的统计分析和辅助决策支持，有效地使用和保护管线、阀门、调压站等管网设施，防止人身及财产免受意外损失及伤害。该系统的建成，一方面能对煤气管网设施数据进行先进的计算机化管理，极大地提高了企业的管理水平；另一方面能改善管网设施的使用效率，提高了工作效率，增加经济效益。

通过城市煤气管网管理信息系统的建设，在加强煤气管网资源管理，实现煤气管网信息资源共享的前提下，实现信息资源的快速获取，了解和掌握煤气管网有关动态信息，加大宏观调控力度，提高管理决策水平；改善办公环境，提高办公效率；加快煤气管网应用系统的开发，适应煤气管网业务管理需求，促进信息服务。

二、系统功能简介

1）数据采集功能

系统具备高效的数据采集、记录、输入功能。针对不同的信息源，采用不同的数据获取方法和处理手段：数字化仪输入及扫描矢量化输入；机助测量技术直接获取外业数据；格式转换和键盘输入等。

2）编辑修改功能

城市面貌不断改变，基础数据的更新维护工作每天都在进行，系统应具有高效的图形信息的增改功能，提供方便实用的图形工具和用户界面，完成管网和地形信息的修改。

3）存储管理功能

建立科学、合理的地形图要素分类和编码标准。这是数据采集、组织、转换输出的依据。城市管网地理信息系统具有较广的服务面，因此基础管网数据库内容应该是全要素，建立科学的存放结构，具有较细的信息分层，以满足城市信息系统的各应用子系统的对管网应用的需要。

4）查询统计功能

数据库的内容可按用户要求方便地以多种方式（包括：图名、图号、坐标、城区名、地名、道路名等）对管网信息进行查询，可完成分层、分要素提取、转换和输出。并可对管网信息进行计算与统计（如：计算管线的长度，统计指定范围内的阀门数量等）。

5）管网信息输出功能

可对基本数据内容及满足一定条件的查询结果完成屏幕显示、存盘、绘图仪/打印机输出和数据转换工作，并满足现行图例标准。可对地形图进行任意分幅、裁剪与切割。

6）管网分析功能

系统可完成满足管网应用的各种分析功能：

【1】爆管分析、影响用户分析、纵/横剖面分析、垂距分析；

【2】预警分析、最短路径分析、连通性分析等；

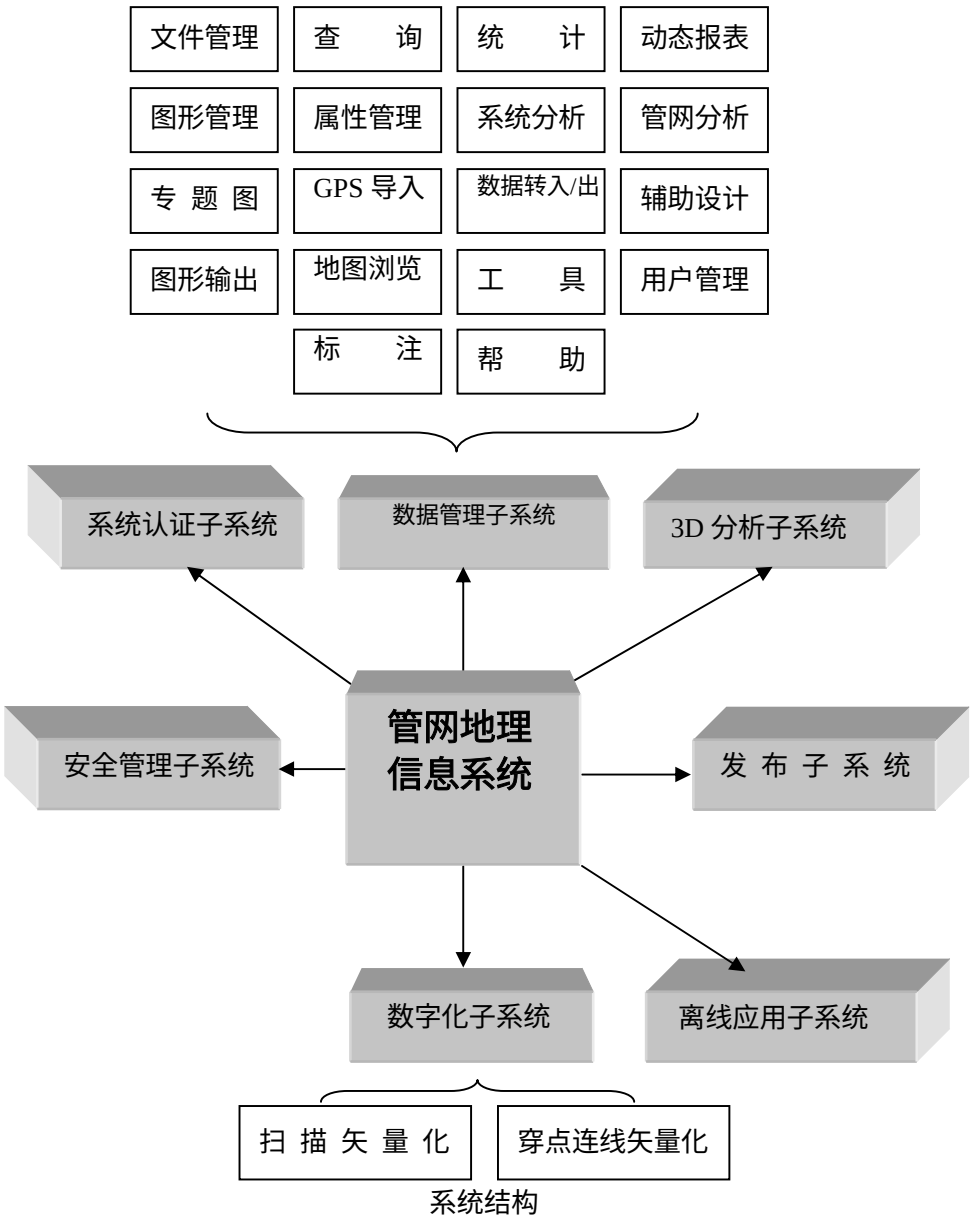
7）管网运行与调度

水力计算、等压线绘制、负荷分析、调度管理

8）三维管网生成

根据三维空间基础数据，建立城市及规划小区的三维管网景观模型，产生直观的视觉效果。

子系统或功能模块：



系统结构

数字化子系统：Gas/GIS Digital

安全管理子系统：Gas/GIS Security Manager For ArcSDE 9(Oracle9i)

系统认证子系统：Gas/GIS License Manager

离线应用子系统：Gas/GIS For ArcInfo V9(for Access2000)

数据管理子系统：Gas/GIS For ArcInfo(ArcEditor) V9（for Oracle9i）

发布服务器端子系统：Gas/GIS Web Server For ArcIMS9

三维分析子系统：Gas /GIS 3D For ArcGIS

三、系统环境

数据库结构：

对地理信息库的管理以Client/Server为基准模式，分为两个层次进行：

以DBMS作为系统地理信息（包括空间信息及相关属性信息）的主体数据库管理平台，其中，地理信息通过空间数据库引擎（ArcSDE）集成在RDBMS内部；

以DBMS构成地理信息数据库服务器，而各类基于ARCINFO、ARCVIEW等平台开发的应用软件作为客户端，构成Client/Server结构。

系统采用C/S+B/S的构架满足不同用户的需求

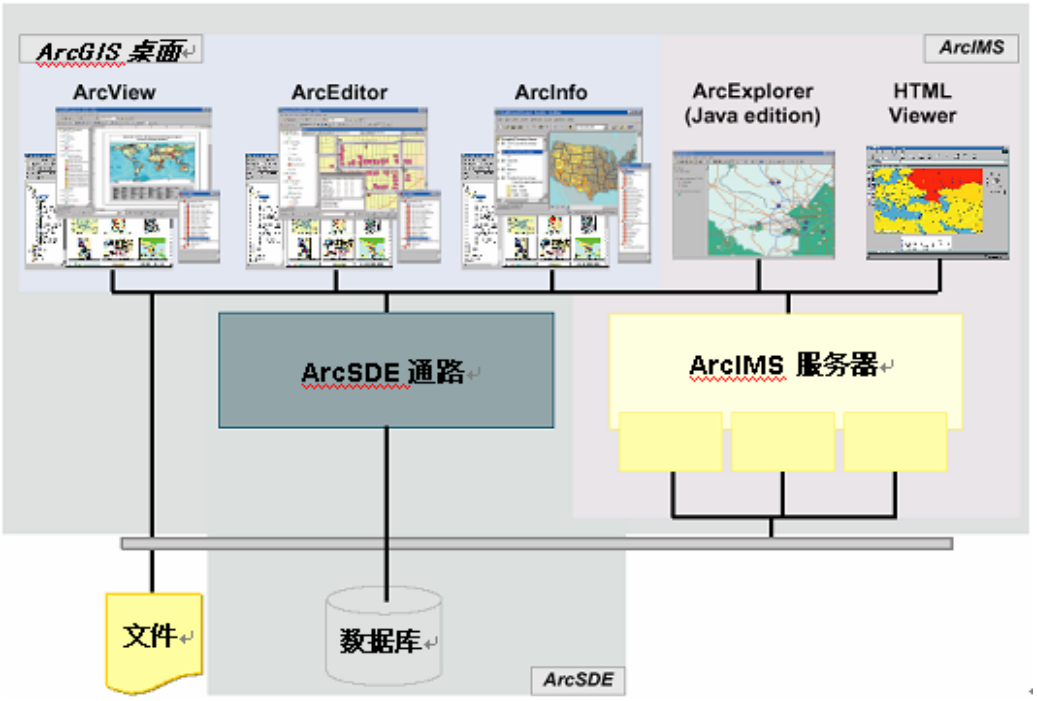
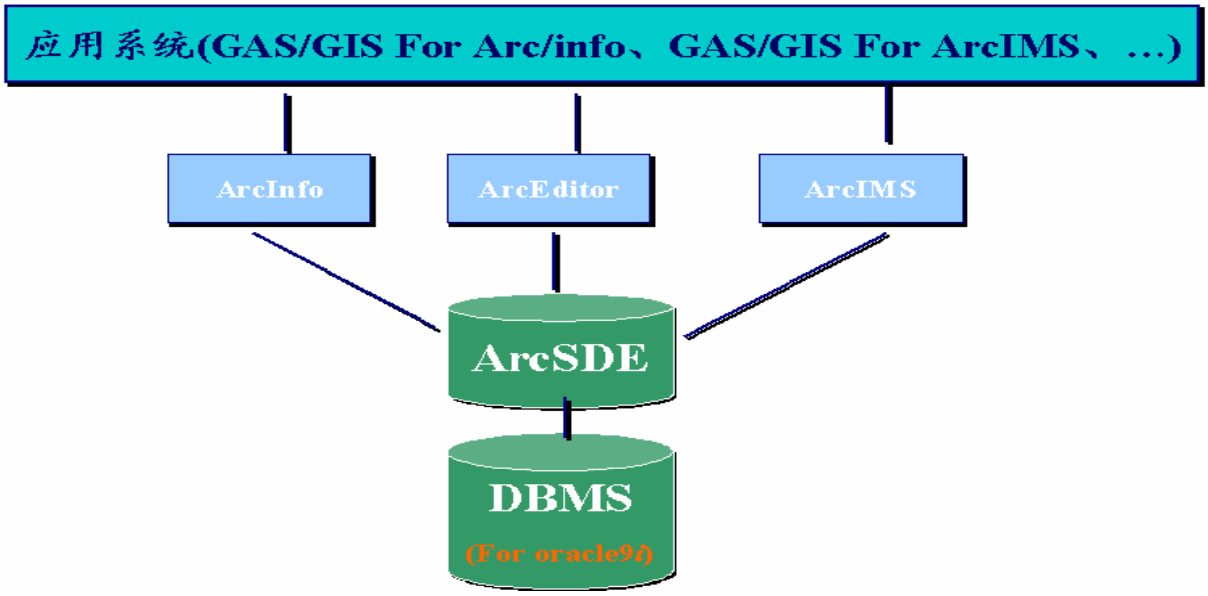


图 C/S+B/S 系统构架图

C/S主要用于高级用户对管网的修改、分析和复杂的查询统计。B/S主要用于面向普通用户基于地图的查询与统计，用户可以在IE浏览器上通过简单的鼠标操作，就可以在燃气管网图上查询到相关的管网信息。ESRI公司作为全球最大的地理信息平台开发商，目前正加大WebGIS的研发，建立基于地理服务的WebGIS构架。应用ArcSDE对地理信息库实施管理，其体系结构如图所示：



图数据库管理方式

在广州市煤气管网地理信息系统中，应用以 ArcSDE 为核心的体系结构进行数据管理，具有以下特点：

(1)ArcSDE 融入 DBMS 后，提供了对空间、非空间数据进行高效率操作的数据库接口；

(2)由于 ArcSDE 采用的是客户/服务器（Client/Server）体系结构，大量用户可同时针对同一数据进行操作；

(3)ArcSDE 采用协作处理方式，即处理即可在 ArcSDE 客户端也可在 ArcSDE 服务器一端，取决于具体的处理在哪一端更快。有的功能不需要与服务器通讯，可由 ArcSDE 客户端完成，进而避免大量的网上操作，提高效率；

(4)ArcSDE 在服务器端采用缓冲数据处理方式，提高了数据处理效率，并使网上荷载大大降低。对于应用操纵数据库中成百上千万的数据记录至关重要；

(5)ArcSDE 提供长事务处理和版本控制使工作流程更加流畅；

(6)可以完成海量数据的管理和 WebGIS 功能。

燃气管网 GIS 系统解决方案

上海航天能源有限公司　**马占军**

摘要：本文就上海航天能源有限公司针对燃气管网GIS系统的解决方案做详细介绍，主要包括系统建设背景、目标、运行环境、功能描述、成功案例说明。

关键词： 燃气管网、ArcGIS、WebGIS、集成应用

1．前言

1.1 系统建设背景

燃气管网是一个纵横交错的巨大网络，具有复杂的空间和非空间属性，燃气管网图纸和设备资料繁多。在传统工作方式中由于各种原因，图档的更新和归档不能作到迅速及时；属性数据的采集、存储亦不能跟上发展的需要；数据无法综合利用；导致燃气输配调度、指挥、决策缺乏科学、及时、有效的支持。

基于以上诸多原因，对旨在提高管理、决策、服务水平，创造良好经济效益和社会效益的燃气公司而言，燃气管网GIS系统的建设可谓势在必行。

1.2 公司介绍

上海航天能源有限公司是一家专门致力于利用航天独特的总体集成技术和系统控制技术的优势，开发、发展民用设备及信息产品的高新技术企业，主要涉足行业为城市燃气。

上海航天能源有限公司主要承接管网和站点的控制系统、信息处理系统业务（GIS 、SCADA、DMS等）及提供管道、管道连接件产品服务和天然气加气站系统服务。

公司主要成员企业有：

上海飞奥燃气设备有限公司

上海时博飞奥自控系统有限公司

1.3 系统特点

- 采用国际主流GIS平台、数据库系统、开发工具开发
- 合理的软硬件配置，突出高性价比
- 系统采用C/S、B/S混合体系结构，满足多途径应用需要
- 充分挖掘燃气管网输配业务特点，界面友好，功能使用，操作方便

- 模块化、组件化设计，满足未来扩展应用需要
- 多级安全保护，确保系统运行安全、稳定

2．系统建设目标

结合燃气管网输配业务特点，基于GIS技术、计算机网络技术、通信技术、数据库技术构建燃气管网GIS系统，提供燃气管网数据采集、录入、维护、业务应用、决策支持一体化平台，具体目标如下：

- 建立燃气管网地理信息数据库，含基础地形数据、燃气管网要素数据、管网设施属性数据、管网设施维护数据等
- 可方便的对管网数据进行综合查询、统计、分析及输出
- 提供管网应急抢修辅助决策支持，可生成应急预案
- 可与燃气公司其他信息系统(SCADA、客户服务系统、收费系统）集成应用

3．系统运行环境

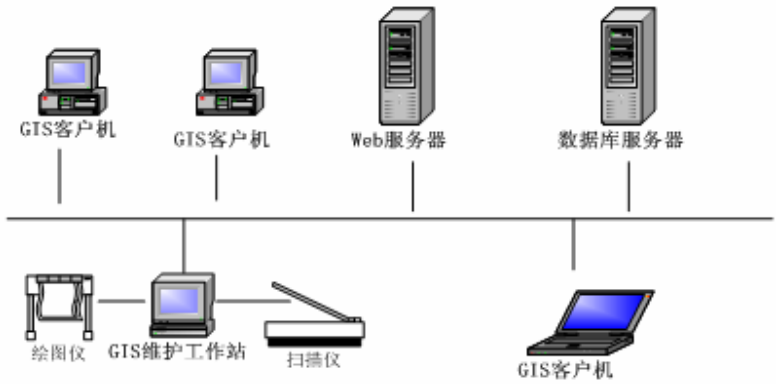
3.1 系统体系结构

推荐采用Client/Server（简称C/S，客户端/服务器）方式为主，Browser/Server(简称B/S，浏览器/服务器)方式为辅的混合体系结构，使系统具有良好的开放性和易扩展性。

B/S方式主要用于浏览、查询、统计分析等无需对空间数据进行修改的操作。客户端只需浏览器(例如IE)即可，无须安装客户端软件。

C/S方式主要用于数据维护，同时还具有B/S方式相同的浏览、查询、统计、分析等功能。

3.2 系统拓扑



GIS系统拓扑图

3.3 系统软件配置

GIS平台选用的是美国ESRI公司的ArcGIS平台系列。

ArcGIS系列是ESRI在全面整合了GIS与数据库、软件工程、人工智能、网络技术等多方面的计算机主流技术之后，成功推出的代表GIS最高技术水平的全系列GIS平台。

系统软件具体配置如下：

数据库服务器：Windows2000 Server、SQLServer2000、ArcSDE

WEB服务器：Windows2000 Server、ArcIMS

数据维护工作站：Windows2000/XP、ArcGIS Engine

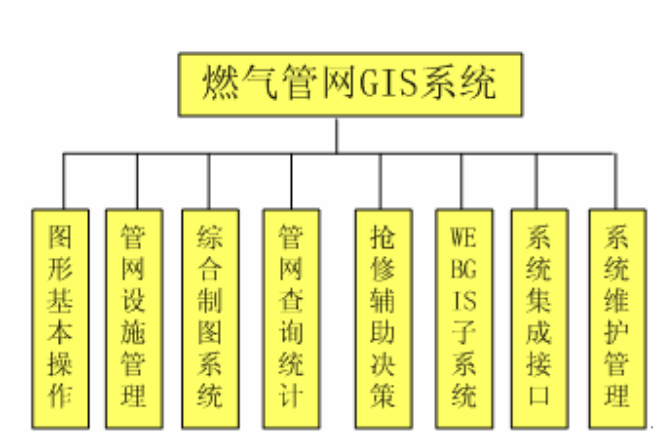
3.4 系统硬件配置

数据库服务器：Intel Xeon 2.4GHz CPU，1GB内存，4*40GB SCSI硬盘

WEB服务器：Intel Xeon 2.4GHz CPU，512MB内存，40GB SCSI硬盘

数据维护工作站：P4 2.6GHz CPU,256MB内存，80GB硬盘

4．系统功能描述



4.1 图形基本操作

4.1.1 图形显示

系统可将将管线及附属设备(调压器、阀门、水井等)以及基础地形图进行放大、缩小、漫游、鹰眼及分层、按比例显示。

4.1.2 图形测量

可直观的测量距离、角度和任意多边形的面积。

4.2 综合制图子系统

4.2.1 图形编辑

针对燃气管网数据的特点开发专用工具，使授权用户能方便地对管网要素(管线及附属设备、零件等)及地形要素(道路、建筑等)进行新增、编辑。

4.2.2 图形输出

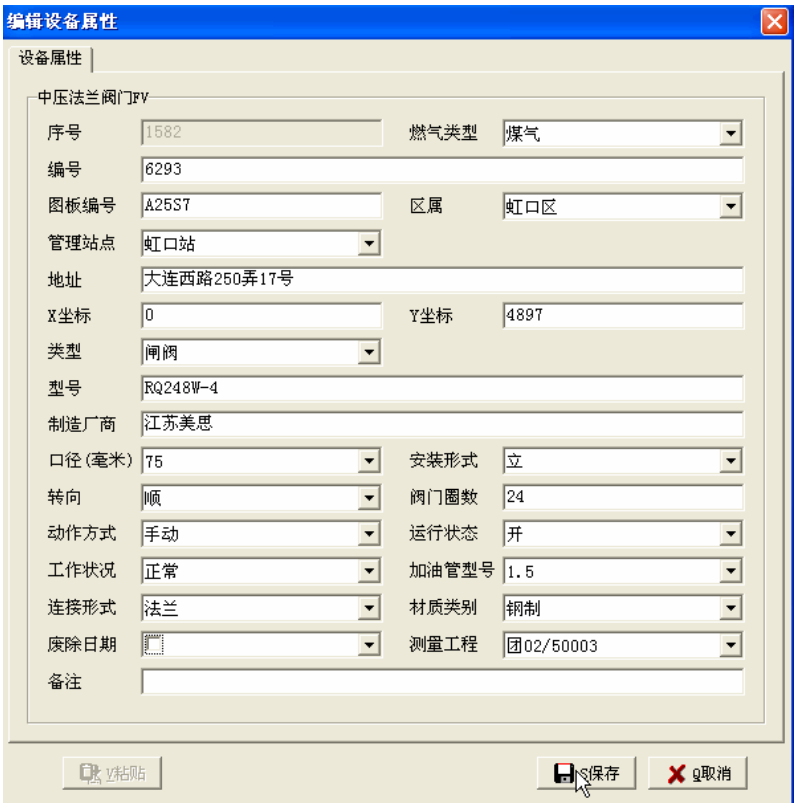
可指定任何范围导出为BMP、EMF文件，可打印输出1：500，1：1000及用自定义比例尺的地图

4.3 管网设施管理

4.3.1 设施属性数据管理

可对燃气管网中的管线及附属设施的属性数据进行录入、修改、打印等操作。

管网设施含高/中/低压管、立管、引入管、阀门、调压器、凝水缸、电化学保护设施等。



4.3.2 设施巡检样板管理

可自动生成设施巡检样板，并可修改、删除及打印巡检样板。

4.3.3 设施维修管理

可动态维护管网设施的维修信息，含例行巡检和突发的维修，历次维修记录均可查询。系统可根据维修记录及相关规范自动提出设备维修建议，及早杜绝事故隐患的发生。

4.4 管网查询统计

可进行管网空间数据与属性数据的双向查询。

4.4.1 地理名称定位

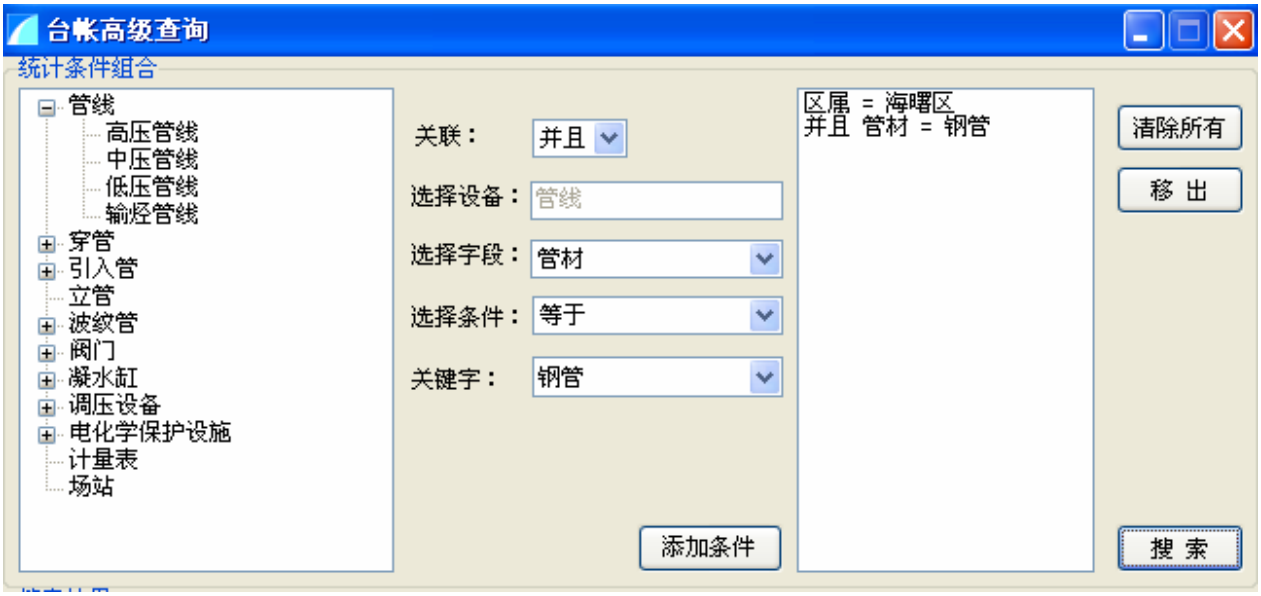
可根据道路名或交叉口、小区名称快速定位到目标位置或区域。

4.4.2 选择空间范围查询统计

可选取任意空间范围(例如矩形、圆)，进行该区域内的管网设备查询、统计

4.4.3 通过属性值查询统计

可用关系符号、逻辑符号、算术符号的任意组合，查询属性信息和图形信息。



4.5 抢修辅助决策

4.5.1 抢修辅助分析

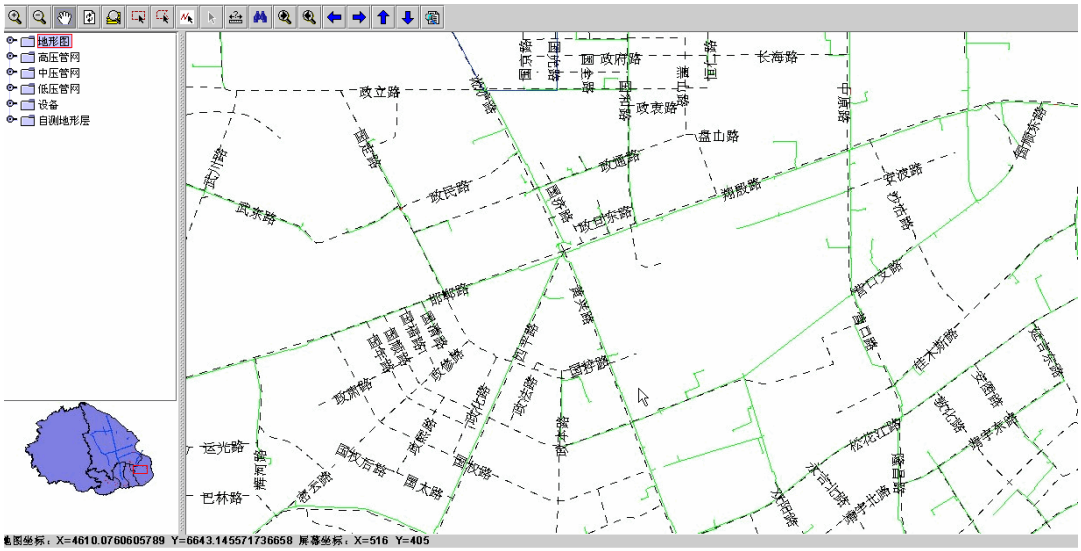
系统首先根据输入条件(路段、门牌号等)对目标抢修区域作一空间定位，提示该区域内相关管线及设备(中压管、低压管、阀门、调压器等)的信息,显示需关闭的阀门、调压器。

4.5.2 影响用户分析

结合区域燃气用户数据，还可查到抢修作业时影响用气的小区、单位、用户信息,以便及时向用户通报停气信息。

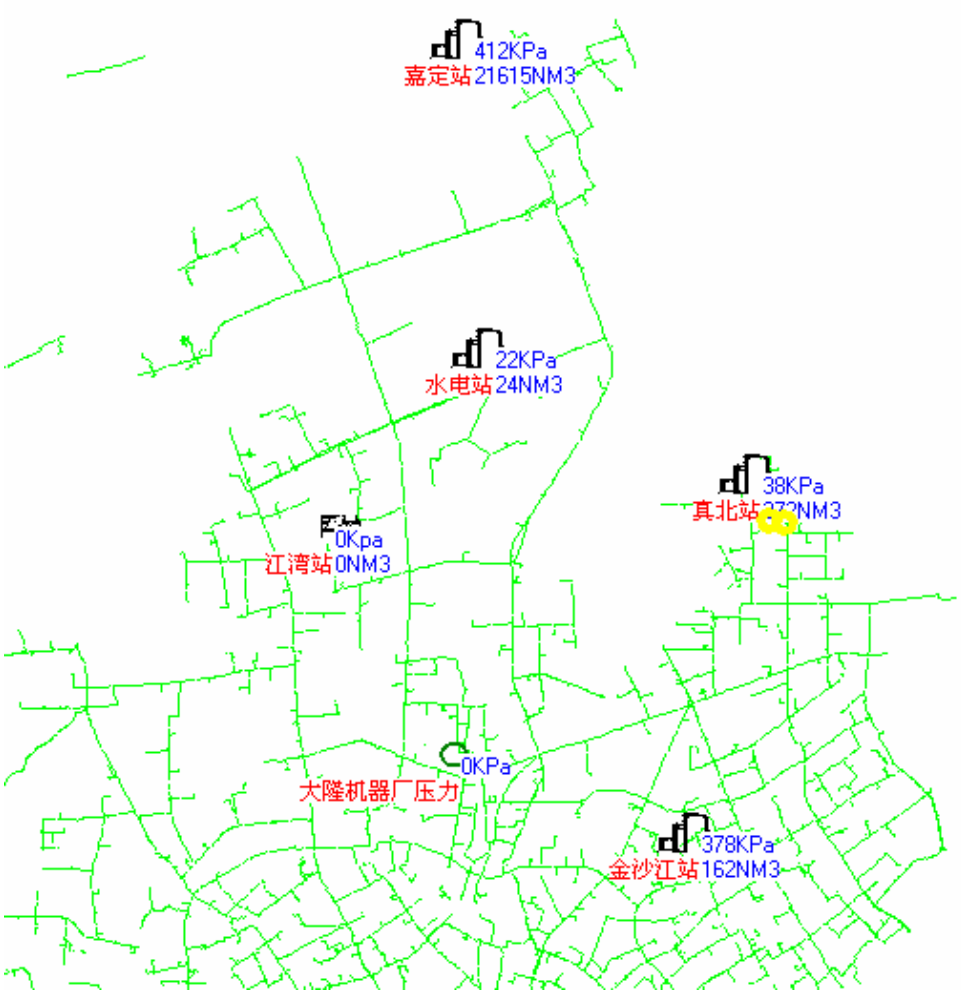
4.6 WEBGIS 子系统

燃气管网WEBGIS子系统采用B/S架构，主要提供管网地图数据WEB发布及查询、统计功能，旨在让公司内用户及外部授权用户通过Intranet或Internet或访问，方便快捷的获取工作所需数据。



4.7 系统集成接口

系统预留集成接口，可方便的与SCADA系统(监控及数据采集系统)、客户服务系统、收费系统等进行数据及功能集成，满足燃气管网输配综合调度决策需要。



4.8 系统维护管理

4.8.1 用户及用户组管理

系统针对不同应用分工，建立相应的工作组，例如管理员组、数据录入组、一般应用组。系统可维护用户组及具体用户的信息。

4.8.2 用户权限管理

不同部门、人员将具有不同的系统操作权限。通过访问权限的设定和菜单项的过滤验证保证数据的安全。

5．典型成功案例

1. 上海燃气市北销售有限公司GIS系统

上海燃气市北销售有限公司是一家专门从事燃气输配和销售服务的国有独资企业，公司拥有4个大

型煤气储配站，10座总储气容量为135万立方米的储气柜，总长4500余公里的高中低压燃气管网。销售服务区域覆盖上海市黄浦江以西、苏州河以北，含杨浦、宝山、虹口、闸北、普陀、嘉定等6个行政区，人工煤气、天然气客户共计160多万户。

上海燃气市北销售有限公司GIS系统于2003年6月正式启动，2004年3月正式投入运行。

2. 宁波兴光煤气集团公司GIS系统

宁波兴光煤气集团公司是一家开发、经营宁波城市燃气为主的国有独资企业，已建成城市中压管线286公里，庭院管线366公里，现有六座大型管道气气化站、18个瓶组气化站。2005年6月东海天然气可望进入宁波，兴光煤气集团公司将承担宁波中心城的天然气管网建设任务。

宁波兴光煤气集团公司GIS系统于2004年10月正式启动，2005年4月正式投入运行。

基于 ArcGIS 的城市地下煤气管网管理系统数据库的设计方法

罗智勇 刘湘南

（东北师范大学城市与环境科学学院，长春，130024）

摘要 GIS技术在现代化城市管理中发挥着越来越重要的作用，一个成功的GIS系统离不开一个好的数据库设计，本文以长春市煤气管网管理系统（简称CCGNMS）数据库的设计为例，探讨了在GIS数据库设计中应注意的各方面问题以及如何快速有效地设计出一个性能优良的地理数据库。

关键词 煤气管网，Geodatabase，空间实体，空间关系，数据模型

1．引言

地理信息系统（GIS）是一门以计算机技术为支撑，侧重地理空间数据的采集、解译、图形化处理和综合分析应用的新技术[1]。它把地理实体的空间数据与相关联的属性数据有机地结合在一起，不同层次地满足了城市建设、居民生活对各种空间信息的需求，并凭借其独有的空间分析功能和可视化表达方式在各领域辅助人们管理和决策。

随着城市经济水平的提高、规模的扩大和发展步骤的加快，作为城市地下动脉之一的煤气管网也变得越来越复杂，越来越庞大。而与之不相协调的是我国绝大多数城市都存在着煤气管网资料不全，管理混乱的现象，加之煤气管网多深埋于地下的特点，更给市政设施建设、管网设计、施工和维护带来了巨大的困难。传统的手工收集和管理煤气管网数据及图件的方式已被证明无法满足当前日新月异的发展和海量数据管理的要求，因此借助GIS技术，建立地下煤气管网管理系统，实现煤气管网的科学有效管理成为当务之急。

建立一个地下煤气管网管理系统，首先应考虑的是系统数据库的建立，因为一切算法的实现都是基于一定数据结构之上的，地下煤气管网管理系统功能的实现也有赖于数据库的建立[2]，因此系统数据库设计的优劣直接影响着一个系统的成败。本文结合长春市煤气管网管理系统（CCGNMS）数据库的设计来论述在地理数据库设计过程中应注意的各方面问题以及如何快速有效地设计出一个性能优良的地理数据库。

2．城市地下煤气管网数据的特点

城市地下煤气管网数据是一种基本的网络数据，具有网络数据的一般特性，基本构成包括结点、弧段和附件（煤气管网的附属设施）[2]。煤气管网多固定埋藏于地下，因此可以对数据模型进行适当化简，不考虑面状拓扑，去掉多边形信息，减少数据量。此外，地下煤气管网属压力管网，多采用多源环形设计，目的为了尽可能减少意外事故所造成的影响。

3．基于 Geodatabase 的建库方法

3.1 选择 Geodatabase 建库的原因

针对城市地下煤气管网数据量巨大、结构复杂的特点，在系统设计过程中决定选择 Geodatabase 进行建库，因为 Geodatabase 在管理空间数据上具有以下优点：

1）Geodatabase 是完全关系型存储的数据库。这意味着空间数据以相同的格式存放，管理将更加容易和有效。

2）在 Geodatabase 中，要素类可以有定制的行为和方法。

3）在 Geodatabase 中的要素类之间的确认规则、连接规则和空间关系能够被定制[3]。

4）可以生成几何网络，当移动要素时，边与边的连接关系（edge-junction-edge）能够被维护，相关要素的几何坐标会自动地被修改[3]。

5）最重要的一点是 Geodatabase 将关系数据库的一些数据处理方法引入到空间数据的管理当中来，使得在进行 Geodatabase 设计的过程中可以采取与一般关系数据库相同的方法和原则。

3.2 Geodatabase 设计阶段应考虑的几方面问题

在进行 Geodatabase 设计阶段应考虑以下几方面的问题：

1）数据库中将存储什么样的数据？[4]

2）存储的数据应用何种投影？[4]

3）如何组织对象类和子类型?

4）如何组织对象之间的关系？

5）系统实现何种功能及相应模块的划分。

6）充分考虑系统的专业特性。

7）充分考虑维护人员的特点。

只有在充分考虑以上各方面问题的基础上，才有可能设计出一个性能可靠、扩展性强的系统数据库。因为只有充分了解了存储数据的特点，库设计才能具有针对性；只有充分了解了系统的构成，库设计才能最大程度上减轻系统编程的难度；只有充分考虑了系统的专业特性，库设计才能最大程度地反映现实原型；同样，也只有充分考虑系统交付使用后维护人员的特点，库设计才能真正实现易用性和可拓展性，假如所设计出来的数据库让后来的维护人员无法理解，也无法实现二次开发，那么这个系统数据库设计是失败的。

3.3 Geodatabase 建库的流程

如前所述，采用 Geodatabase 建库可以完全遵循标准关系数据库设计的方法，即在设计的过程中划分为五阶段：

第一阶段：项目规划：在这一阶段主要的任务是：确定建模目标，制订建模计划，组织建模队伍，收集源材料，制定约束和规范[5]。收集源材料是这一阶段的工作重点，开发人员应广泛地召集相关人员进行访谈，获得建立逻辑模型所需的第一手资料。

第二阶段：定义实体：实体是具有相同特征或属性的事物的集合，集合中的每个成员称为实体的实例[5]。大多数实体可以从第一阶段收集的源材料中直接或间接地标识出来。如果是对已有的数据模型进行扩展或完善，可以从原有的数据模型中选择适当的实体。如果是从零开始，则必须从源材料中标识出那些可能是实体的“事物”并将它们集中起来，进行分析、比较、综合，找出真正的实体，根据建模规范，对实体进行命名和定义。

对于要进行复杂空间分析的 GIS 系统来说，实体的定义需要与系统的专业背景相结合，确定每一类型的数据实体在空间分析中的特性[6]。

第三阶段：定义关系：关系是实体间的一种逻辑联系，用动词或动词短语命名[5]。实体之间的关系可以分为确定关系和不确定关系。确定关系又分为连接关系和分类关系。连接关系也称“父子关系”，它是两个实体之间的联系或连接，一个实体（子实体）依赖于另一个实体（父实体）。分类关系表示实体间的一种分层结构，一个实体（类属实体）表示这些事物的全集，其它（分类实体）则为其子集；不确定关系又称“多对多关系”，两个实体间相互存在着一对多的联系。

在 Geodatabase 的设计阶段，正确设定空间实体间的关联关系对空间数据库的完整性、一致性和安全性具有重要的意义。在定义实体间的关系时，必须指出实体间的依赖关系，确定关系名，对关系进行定义。

第四阶段：定义键和属性：在这一阶段，定义实体的键属性，并扩展和改进实体与关系的定义，将所有不确定的关系改进、替换成确定的连接（父子）关系或者分类关系，其方法是引进中间实体。定义属性是模型开发的关键步骤，目的是确定空间实体的属性集和建立属性属主关系。在 Geodatabase 中，空间实体的现实原型是通过各种属性的综合来得以反映的，因此实体属性定义的合理性直接影响着 Geodatabase 对现实世界反映的真实程度。

第五阶段：Geodatabase 的具体实施：Geodatabase 的具体实施一般可分为以下五个步骤：

1）实体（Entity）转变为要素类（feature calss）或表（Table）。

2）属性（Attribute）转换为列（Column），并确定列的属性（Property）。

3）明确分类关系在 Geodatabase 物理模型中的实现方法。

4）实现 Geodatabase 中空间数据的专业规则。

5）向 Geodatabase 中加载数据。

在加载数据前，应再次对 Geodatabase 的结构进行评估，评估的重点是时间和空间的效率，如果不能达到预期的效果，就要对库结构进行重新设计或修改，必要时甚至要返回到逻辑设计阶段修改逻辑模型。

4．长春市煤气管网管理系统数据库的设计

（1）长春市煤气管网管理系统项目简介

长春市是一个具有 500 多万人口的大城市，经济文化发展迅速，市政设施建设频繁，在建设过程中如何对其规模庞大、无比复杂的地下煤气管网进行科学有效的管理成为了一个极为重要的问题，在这样的背景下，一个基于 ArcGIS 的长春市地下煤气管网管理系统（简称 CCGNMS）应运而生。该系统主要针对煤气管线、地下煤气设备（设施）进行管理，实现对管线设施数据的增补、删除、空间定位、双向查询、水平测距、连通性分析、路径分析、报表生成、图形化输出等功能，系统由九个子系统构成，分别为数据录入、数据处理、数据入库、数据查询、数据统计、图形显示、专业应用、结果输出、系统管理，如图 1 所示。

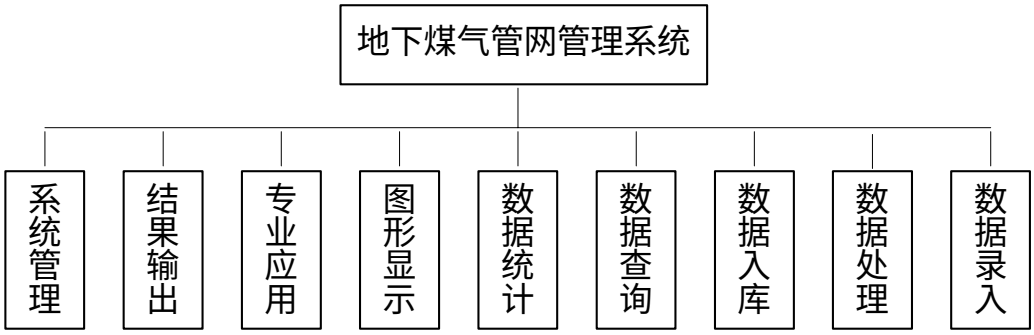


图1地下煤气管网管理系统的总体功能框架图

（2）CCGNMS 数据库设计

CCGNMS 项目数据主要由两大类构成，即城市基础数据和煤气管网专题数据。城市基础数据主要来源于最新的城市测绘图，通过扫描等手段数字化。为了更清楚地表现管线设备的空间位置、相连实体，以便进行进一步的综合分析，将城市基础数据按逻辑分为九大类，即数字化成九个数据图层，分别为道路交通、居民住宅、公共场地、宾馆饭店、医院、标志性建筑物等，针对这些数据，在属性设计上相对简化，只包含必要的关联信息；煤气专题数据中的空间数据，也是通过资料图的矢量化得到，其属性数据的设计是工作的重点，确定必要完善的属性对于一个系统数据库设计的成败至关重要。图 2 就是用 Visio 制作的 CCGNMS 数据库中关于煤气管网专题数据部分的结构设计图。

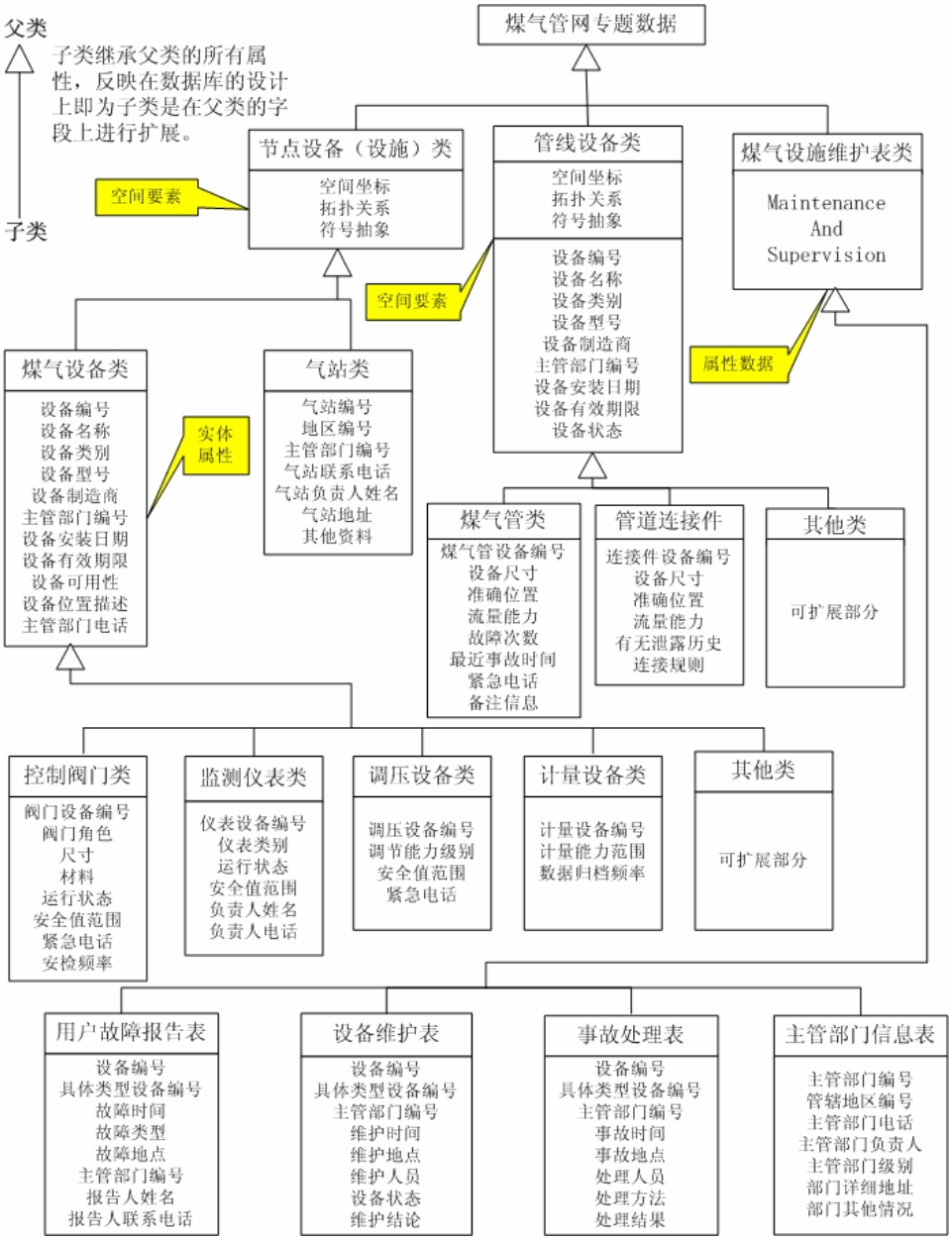


图2 煤气管网专题数据的结构设计图

（3）Geodatabase 建库的意义

通过合理的库结构设计，Geodatabase 将海量的空间数据科学高效地组织了起来，解决了长久以来长春市地下煤气管网管理混乱的局面，解决了数据管理、维护的困难和数据多用户共享时存在的冲突问题。

5．结束语

随着我国经济发展和城市化步伐的日益加快,现有的城市管理手段和方法变得越来越不适应现代化城市管理的需要。不仅地下煤气管网需要一个更为科学有效的管理手段，整个城市地下管网都

需要这样一种新的管理手段，只有这样才能对城市的各项建设工作进行有效监管,避免盲目施工对地下管网造成的破坏，保护公共财产和人民群众的生命安全。近年来，随着城市地下管网管理系统在我国的开始应用，人们逐渐认识到它的重要意义。但由于城市地下管网管理系统的建设是一项涉及面广、投资大、周期长的工程，因此在项目全面展开前需要严格按照科学的、系统的工程管理方法来进行系统设计，尤其在数据库的设计、空间数据的组织以及空间数据模型的建立等方面需要充分的调研、反复的论证、精心的设计和不断的测试改进，只有这样建立起来的 GIS 系统才会真正具有生命力，真正满足城市现代化管理的需要。

参考文献

[1] 梁荣昱，胡晓倩。电力地理信息系统数据库设计[J]. 渝州大学学报（自然科学版）， 2001, 18（1）: 20~24.

[2] 李响,李满春,余有胜,易虹. 一个实用的城市地下管网 GIS 数据结构[C]. 遥感信息,1999,（3）:15~18.

[3] http://www.superfull.com/

[4] 党安荣,贾海峰,易善桢,刘钊. ArcInfo8 地理信息系统指南[M]. 北京：清华大学人居中心，2001.

[5] 宦国扬. 数据建模与数据库设计[J]. 2001.

[6] 张琼. 关于 Geodatabase 设计的探讨[C]. 第四届 ArcInfo 暨 ERDAS 中国用户大会论文集. 北京：地震出版社, 2000.

[7] 谭斌. 地下管网空间数据模型的建立与应用[J]. 四川测绘, 2001, 24（1）:16~19 .

[8] 黄建玲,范红霞. 公路数据库设计[J]. 计算机辅助工程，1998,（2）:46~50.

[9] 何塞峰,姚革,龙家恒. 综合地下管网信息子系统的设计研究[C]. 北京测绘,1996,（S1）:24~29.

沈阳市煤气管网地理信息系统的建立

沈阳燃气股份有限公司　王宏伟　高怡臣　崔宏
沈阳金建数字城市软件有限公司　尚剑红　高铁军

摘要：本文介绍了沈阳市煤气总公司网络版地理信息系统的建立方案及其建立过程。详细描述了系统的组成、环境要求、运行模式、基本功能和运行情况。

关键词：沈阳市；煤气管网；地理信息系统；地理数据库；网络版

一．前言

沈阳市现有管线 2000 多公里，覆盖 7 个行政区，共有抽水缸 6000 多个，阀门 200 多个，调压站 168 个。沈阳市煤气历史悠久，始建于 1923 年，是国内最早使用和生产煤气的城市之一。为了加强沈阳市煤气地下设施的科学管理，实现管网设计、管网运行、管网维修、管网分析、管网决策的自动化和科学化。沈阳市煤气总公司于 2000 年 6 月初，在市建委的支持下，投入巨资建立沈阳市煤气管网地理信息系统。由沈阳金建数字城市软件有限公司承担系统的开发与实施。到 2002 年 6 月系统完成了单机版的开发和网络版的开发，完成了煤气总公司大楼的综合布线以及远程终端的安装与调试，系统经过一年的试运行，各项的指标均达到设计要求，彻底改变了煤气总公司管网工作的落后状况，给煤气总公司带来了良好的经济效益和社会效益，该系统得到了煤气总公司领导及科技人员的充分肯定。

二．系统建立方案及过程

2000 年 6 月，沈阳金建数字城市软件有限公司（简称金建公司）开始筹建沈阳市煤气总公司地理信息系统的总体构架。为此金建公司和用户分别成立了课题组，针对煤气公司管网设施数据均以纸质图纸和卡片形式存储的实际情况，确定系统建设分两期完成。一期主要完成管网地理数据库的建立及管网维护、更新、分析系统的建立（同时也是二期维护客户端子系统）。二期主要完成中央机房的建立及办公大楼内局域网的改造，同时建立查询客户端子系统、安全管理子系统、三维显示子系统和维修公司的远程查询客户端子系统，形成覆盖整个煤气公司主要科室的管网应用网络信息系统。系统建立主要经历以下关键步骤：

1. 制定系统总体方案：系统采用C/S结构，各个子系统使用UML语言和Visio建模工具，进行系统的方案设计。
2. 确定地理信息系统开发平台：针对管网管理的特点，选用具有网络拓扑功能、业界公认的优秀地理信息系统平台--———ArcInfo8。
3. 制定管网数据库建立方案：管网的图形数据通过1:500管网图的扫描矢量化方法获得，属性数据通过开发基于网络数据库（SQLServer）的录入系统完成，图形和属性数据通过关键字进行挂

接。

4. 制定数据质量保证质量控制规范：研究管网的业务模型，确定管网数据的数据规则，编制数据质量检查程序，确定错误报告的格式。
5. 管网地理数据库的建立：将满足质量要求的管网数据转入到管网地理数据库（Geodatabase）中，同时在Geodatabase中建立数据规则。
6. 管网维护、更新、分析系统的建立：在ArcInfo8、ArcEditor8地理信息系统平台上开发单机版的应用系统，同时它也是网络版的维护终端。
7. 管网地理数据库的动态更新：煤气公司采用管网数据集中更新方式。应用在ArcInfo8、ArcEditor8上开发的维护系统，对管网地理数据库进行动态更新，保证管网数据的现势性。
8. 中央机房的建立和局域网改造：建立中央机房，购买管网数据库专用服务器，对现有局域网进行改造，确保管网相关每个处室具有4个点，百兆到桌面。
9. 查询客户端子系统的开发：在ArcView8桌面地理信息系统平台上，开发高级查询客户端应用系统。
10. 远程查询客户端子系统的开发。：在MapObjects2.1下，为与中央机房相距10km的维修公司开发查询客户端应用系统。
11. 安全管理子系统的开发：通过用户权限、对象权限和系统授权的管理，确保数据和系统的安全使用。
12. 三维显示子系统的开发：在ArcScene8下，完成三维管网系统的开发。三维系统可以进行放大、缩小、平移、旋转、翻转、管网属性访问、飞行。
13. 系统集成及总体测试：
14. 系统移交与试运行：移交整套系统及与系统有关的调研、分析、设计、测试报告，同时提交用户手册和相关文档
15. 系统验收：根据市科委和用户的要求，准备验收资料。

三、系统环境

1、单机版

硬件：微机 PⅢ 600MHz 内存 128M 以上

软件：操作平台：Windows NT 4.0 Workstation

地理信息系统平台：ArcInfo8

数据库管理系统：Access2000

2、网络版

硬件：客户端：微机 P II 600MHz 内存 128M 以上

服务器：PC 服务器 800MHz 以上 内存 256M 以上

软件：客户端：操作平台：Windows NT 4.0 Workstation

地理信息系统平台：ArcInfo8、ArcView8、MapObjects

服务器：操作平台：Windows NT 4.0 Server

空间数据库引擎：ArcSDE8

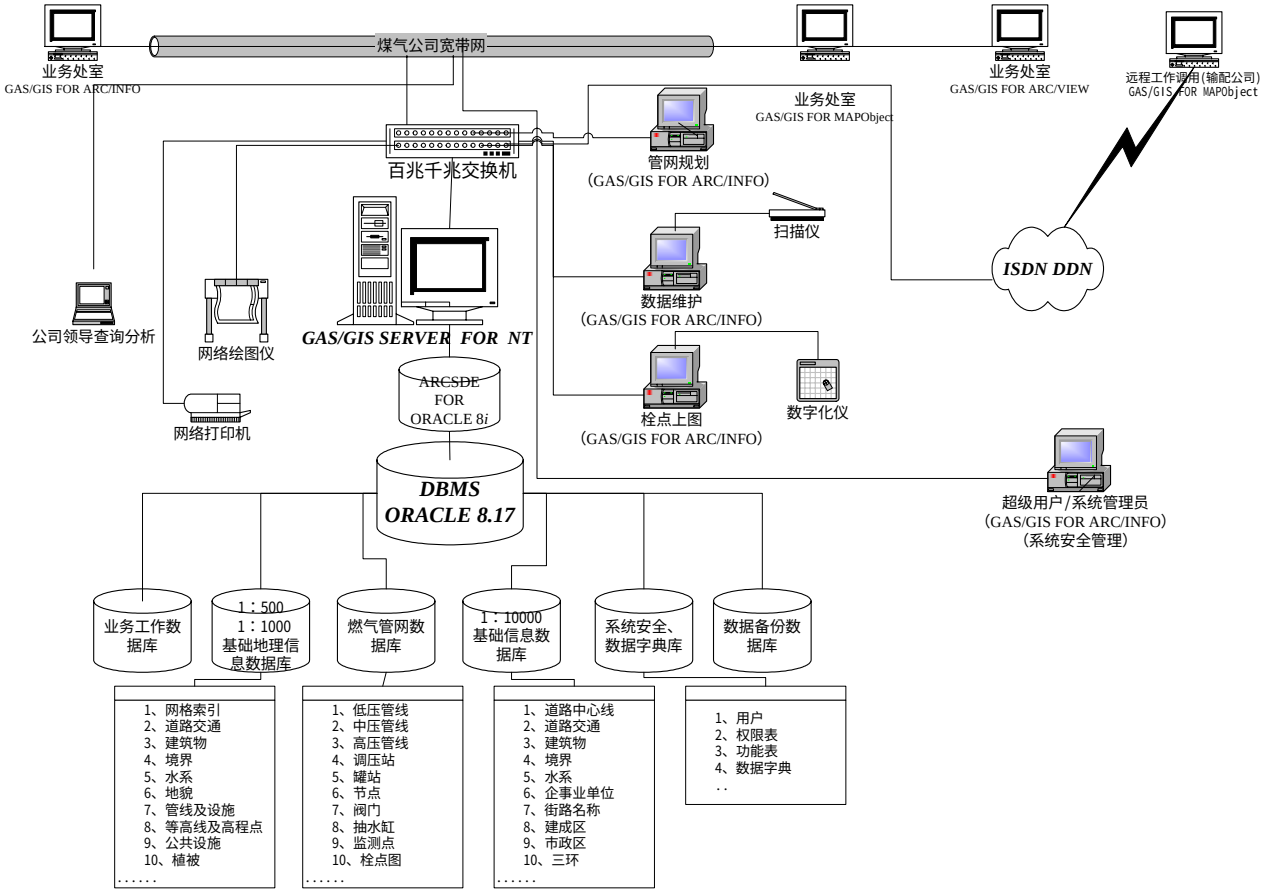
数据库管理系统：Oracle8i

四、系统组成

沈阳市煤气地理信息系统由 6 个子系统组成，其中维护客户端子系统与单机版应用系统完全相同；三维显示子系统用于向领导的汇报；高级查询子系统用于局域网内各个浏览客户端；远程查询子系统用于通过 DDN 的远程维修公司的日常寻线、维修；授权管理子系统主要用于系统的分发与权限控制；安全管理子系统用于对用户权限、管网设施使用权限的管理。

五、系统运行模式

系统采用 C/S 结构。数据在中央机房维护终端集中进行更新，其它客户端通过网络将更新信息或其它信息传送到维护终端，维护终端的更新结果可以在浏览终端提示显示。系统的运行模式如下图。



系统运行模式图

六、系统功能

1、图形数据和属性数据的管理

图库管理：图幅的分幅录入、图幅合并、图幅接边、剪裁。属性信息的转入，表结构管理

管线信息输入：管线图形信息的键盘、鼠标输入、批文件转入

2、查询功能

快速查询、组合查询、SQL 查询、空间查询、查询结果的闪烁显示、详细属性的浏览、动态报表打印输出。

3、统计功能

按多种查询方式进行系统查询，对查询结果进行统计，报表输出

4、动态报表功能

属性库中的表和查询结果均可以直接生成报表，或按需求由用户进行自定义报表。

5、管线分析

爆管分析、垂距分析、横剖面分析、纵剖面分析、纵投影分析、开关测试、流向显示、连通性分析、管线净值分析

6、管线输出：标准图幅输出、报表输出、剖面图输出

7、管线设计：根据国家规范和相关标准，定义数据规则，限定管线的布设界限，保证管线布设的合理性。并提供丰富、方便、专业化的管线编辑工具。

8、拴点管理：拴点上图、专题图、拴点卡的输出

9、系统数据转换：MIF 数据转入、据转出到 MapInfo、DXF 的转入、DXF 的转出

10、远程调图：按范围调图、按道路缓冲区调图、按图幅调图

11、安全管理：用户管理、用户权限管理、对象权限管理

12、系统授权管理：系统模块授权、系统注册码管理

七、系统运行状况

系统经过一年的运行，运行状况良好。管网的查询、统计、分析、制图等功能每天都在使用。系统的使用缩短了管网维修改造周期，提高了管网维修的应急能力。借助预警分析功能，加强管网的检修，减少了煤气重大事故的发生次数。系统的正常运行不仅提高了管网管理的效率，节约了成本，而且还推动了煤气公司的机构改革和员工学习新技术加强自身修养的良好风气。

八、结语

该系统采用国内外先进的 GIS 技术，技术引进和二次开发互相融合，而且以自我开发为主。系统采用 COM 技术、地理数据库技术、面向对象模型技术，融合当今先进的 IT 技术，使得系统在管网运行、管网分析、纵横剖面分析、管网规划等方面均有优秀的表现。系统在建立过程中，注重地理信息系统技术和城市煤气管网管理业务相互渗透，保证了系统的实用性和用户操作的方便性。

金建公司和煤气公司课题组密切合作、联合攻关，用一年半的时间，完成了“沈阳市煤气管网地理信息系统”单机版和网络版的建设，建成了复盖全市 700 平方公里范围，管线长度达 2000 多公里，数据量达 1.1GB 的高质量大型数据库；为沈阳市“数字供气”打下了坚实的基础。

沈阳市煤气地理信息系统的建立方案、系统的组成、环境要求、运行模式、基本功能和运行情况均可以作为其它相关城市的参考。让我们共同努力，为中国煤气事业的数字化进程作出我们应有的贡献。

参考文献：

1. ESRI公司系列产品简介，富融科技有限公司，1999、10
2. Modeling Our World , The ESRI Guide to Geodatabase Design, Michael Zeiler, ESRI Press
3. 沈阳市煤气管网地理信息系统设计报告，沈阳金建数字城市软件有限公司，2000
4. ArcObjects Developers Guide,ArcInfo8 CopyRight©1999 Environmental Systems Research Institute,Inc. Printed in the United States of America

堪萨斯州燃气服务公司燃气设施的 GIS 系统实施

背景：作为 ONEOK 的子公司，堪萨斯州燃气服务公司希望从现有的 CableCAD 系统移植到更加开放的 GIS 解决方案上。MJH 公司协助他们对可能的选择进行了评估，并论证了系统移植及实施的战略。最终 ONEOK 选择了 ESRI 和 Miner & Miner 的 ArcGIS 及 ArcFM GIS 解决方案。在选择了解决方案后，Miner & Miner 和 MJH 广泛合作共同提供数据及移植服务。

步骤：本项目分为两个阶段。在第一阶段，需要将堪萨斯州燃气服务公司现有的 CableCAD 数据转换为 ArcGIS Geodatabase 格式。第二阶段，包括项目管理支持。

在第一阶段，Miner & Miner 及 MJH 合作定义燃气数据的模型，并制订转换的规范，同时还设计将原有 CableCAD 数据转换为 ArcGIS 燃气配送 Geodatabase 格式的过程。为了满足堪萨斯州燃气服务公司的需求，他们对 CableCAD Translator 进行重新定制。这个转换程序允许用户将现有的 CableCAD 信息（包括空间和属性数据）转换为燃气配送 Geodatabase 格式。

在第二阶段，由 MJH 为用户提供项目的实施支持，包括项目的实施和维护。ONEOK 实施了 MJH 的 ProjectBinder 项目管理方案。

成果：MJH 成功的完成了将堪萨斯州燃气服务公司的 CableCAD 数据向 ArcGIS Geodatabase 格式的转换。被转换的 CableCAD 数据包括燃气配送数据、GDT 土地使用数据（堪萨斯州、俄克拉荷马州、得克萨斯州）等。

ArcGIS在专业管线管理上的应用

论文集锦

城 市 排 水 篇

GIS 全方位服务于城市排水管理——上海排水行业 GIS 建设实践

奚卫红　戚福明 王文强　张卫红

（上海四通摩天计算机系统工程有限公司，中国上海，200336）

摘要：“水务管理”将是城市管理的重要内容。本文在分析了当前“水务管理”中城市排水行业管理模式变革的信息化发展现状的基础上，提出了GIS应用于城市排水管理的系统构想，并进一步提供了上海市排水行业GIS应用的两个实例。

关键词：城市排水管理、GIS、应用体系

1．城市排水管理的方方面面

1.1 城市排水管理的内容

城市排水系统是影响城市正常运转和生态环境的重要基础设施，是城市的主要脉搏之一，有“生命工程”之称。它与城市的水环境状况、居民的财产生命安全直接密切相关。随着城市经济文化的快速发展，城市环境变化已经超出了我们可以想像的程度，尤其是水环境恶化、积水等洪灾频频发生，使得城市排水问题日益突出。而与城市供水、供电、道路等系统相比，排水系统的建设与管理则显得相对滞后。

城市排水系统包括雨污水收集与排放、污水输送、污水处理等内容，以非重力流排水系统为例涉及集水区、汇水井、检查井、排水管网、输送干线、泵站、污水处理厂、污水监测站等诸多要素。

城市排水管理是“水务管理”的主要内容之一，它内容复杂，跨度大，既包括前期排水系统规划与设计、建设管理，还包括建成后的运营调度、维护、资产管理、设施与设备管理、防汛调度与决策指挥、水质监测与污水处理、执法管理等。

1.2 城市排水管理模式的变化

城市排水管理模式正处于变革之中，随着“城市水务”概念的提出，城市排水管理将趋向于以下的管理模式：

- 政府对排水行业管理主要体现在系统规划、执法及行业管理与指导方面，政府需要制定有关的规范、标准、政策，需要及时、全面的掌握行业的相关信息。
- 引进竞争机制，排水企业将成为城市排水系统运营管理的主体。
- 实现信息化是提高排水行业管理水平的主要技术手段。

1.3 城市排水行业信息化管理现状

在各个城市的发展过程中，城市排水系统正在经历逐步的改造和完善过程，城市排水系统建设越来越得到城市管理部门的重视，那么当前排水行业管理信息化的状况又是怎样呢？存在着那些问题呢？

1) 管理部门还没有建立较为全面的数据库系统，由于缺乏准确、全面、系统的运营及设施数据，无法对排水系统进行科学地评价与预测，造成排水系统规划和设计不合理现象。

2) 没有建立自下而上的应用管理系统，运营企业和管理部门之间缺乏信息沟通的渠道和手段，管理部门无法及时掌握和监视排水系统的运行情况。

3) 还没很好地利用GIS技术建立较为全面的设施管理系统，不能为排水运营与管理提供技术支撑。

4) 虽然在排水系统工程建设中逐步建立了监控系统，但是各个系统没有与管理系统连接，监控系统采集的大量运行信息没有能够充分发挥作用。

5) 有关系统的构建是从相对局部的业务需求出发，而不是从整个行业出发，不利于构建完整的应用体系，且有重复建设现象。

6) 由于缺乏有关的规范和标准，不利于实现行业内部的信息共享。

1.4 城市排水管理对实现信息化的要求。

1) 搭建信息交换与共享平台，实现行业内信息共享。

a) 信息交换与共享平台是信息共享的基础，除了主要的网络体系搭建之外，基础数据库构建则是重中之重。GIS技术可以提供行业内以地理空间为基础的信息共享平台，使行业内各种不同设施相关信息统一在地理空间位置之上。

b) 不同的管理部门对数据库内容的要求不同，但是数据库的构建必须建立在统一的标准和规范基础上，以方便信息交换和数据逐级上报。信息共享平台以日常的设施与图资管理（AM/FM）为起点，既面向业务管理，又要保证统一的调度、规划与决策。

2) 分级分层建立相应的应用管理系统。

a) 实现排水行业信息化，管理部门将要求能够及时、准确、全面地掌握相关信息，以研究现状，指导和规范行业管理，因此需要分级分层建立相应的应用管理系统。

b) 应用管理系统搭建首先是强调面向业务管理的需要。纵向以管理条线为主，与业务过程紧密结合，形成从基层到管理部门的一体化的管理系统，覆盖信息采集、管理决策、公众服务的全过程；横向着重于部门之间的信息共享和数据库的统一建立。

c) 城市排水管理内容大多与地理空间信息有关，为了使应用管理系统具有直观图形化的功能，其开发将以GIS为主要的工具。

3) 依托GIS技术手段，借助水力学模型计算，优化排水管理决策。

a) 优化排水系统规划与设计，对排水系统进行科学的调度管理，是排水管理信息化的目的所在。地理空间数据库和排水网络模型建立为城市排水管理提供了良好的数字基础，GIS强大的空间分析能力又为排水系统网络分析提供了可能，在水力学模型的支持下，可以对现有排水系统能力进行评价，预测积水的发生，分析污染排放起因，模拟调度方案，进而为城市排水管理决策提供科学的依据和高层次的技术支持。

2．GIS 应用于城市排水管理的构想

2.1 总体框架

2.1.1 应用框架

城市排水管理应用管理系统首先要根据管理模式，分层分级建成互相连通的信息系统，通过信息网络及时获得全面的信息系统。可以按照二级网络来构建系统（如图2-1）。处于系统网络上二级节点的是排水管理的基层部门，具体负责设施的管理、运营与调度，它是整个系统信息的主要来源，将进行信息的采集和维护，同时负责向市一级上报所需信息；一级节点是市级排水管理部门，系统主要用于宏观的管理、决策与调度，满足排水行业管理的政府职能需要。

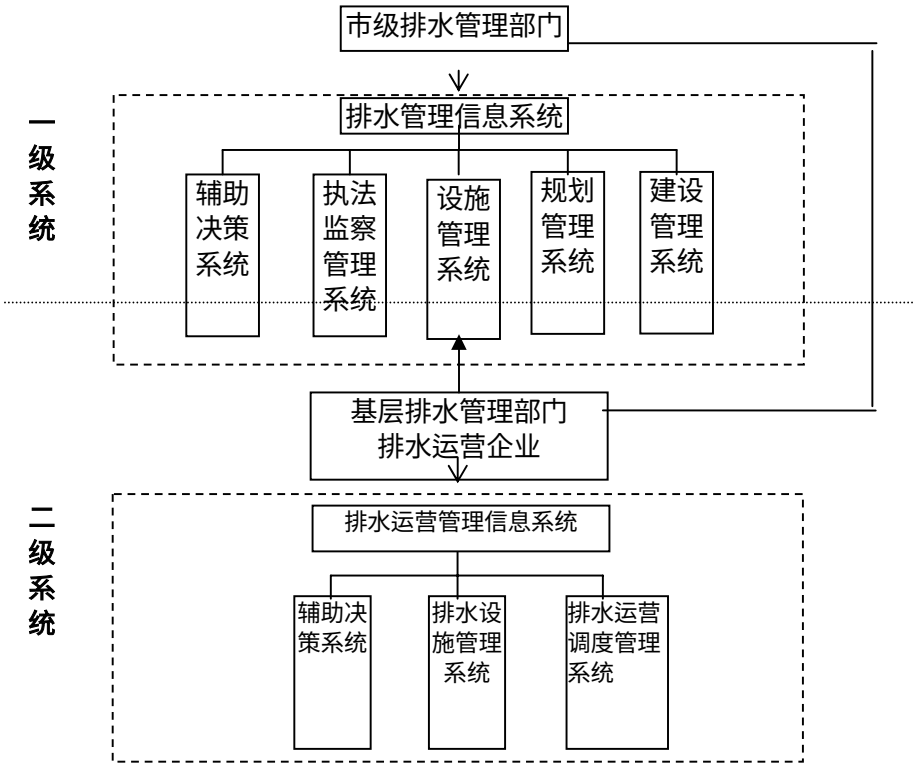


图2-1 应用体系结构图

2.1.2 应用逻辑

如图2-2城市排水管理信息系统逻辑上由实时系统接口、基础数据库、预测与评估模型及应用系统等部分组成。

实时系统接口将用来采集和处理所有的实时数据，并将数据存入运行数据库；综合数据库由运行数据库、地理空间数据库和运营调度知识库组成，运行数据库存储实时系统传送上来的设施运行状况信息；地理空间数据库包含基础地理信息、社会经济信息、排水设施信息、排水管网信息等，为系统提供地理定位基础与管网数据模型；运营调度知识库存储调度运行规则等信息；计算模型为灾情预测与设施评价提供专业计算支持。

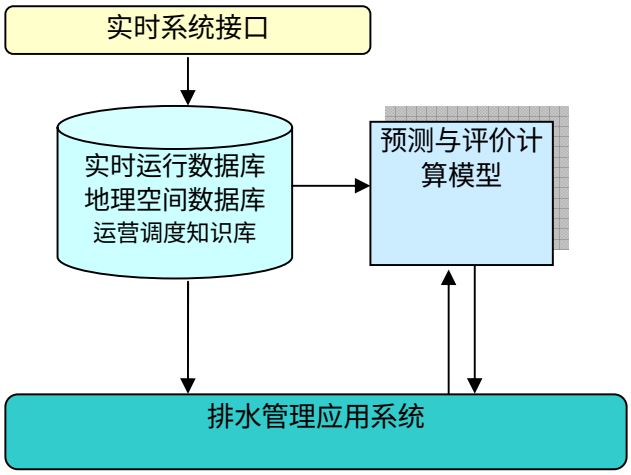


图2-2 应用逻辑图

2.2 数据库构建

基础数据库建设应是地理信息系统建设初期的核心内容，因为一个信息系统最有价值的是它的数据，系统建设投入最大的也是数据，应用系统可以根据业务变化进行重构，但是数据必须是可以直接或经过转换后继续沿用。

基础数据库包含的内容非常丰富，可以在地理空间基础上集成多种类型的信息，主要包括：

（1）GIS图形和图像信息库：指与地理信息有关的图形、图像信息，包括：

基础地理数据库（道路、行政区划、水系、地形标高）

排水管网间数据库

DEM及影像数据库

排水管网属性数据库

基础工情数据库

水情数据库

社会经济数据（街区人口、重要单位或建筑物）

（2）属性信息库：指排水设施（雨、污水管及其附属设施）的有关信息，如排水管径、修建年代、窨井与管底标高、设备配置、服务范围、服务能力等。

（3）工程资料信息库：指泵站等设施的设计、竣工等工程图资料信息。

（4）历史数据库：指可以为排水运营调度提高参考的排水运行有关的历史资料，如市区的暴雨或大雨积水点的历史资料（地理位置、降雨量和降雨时间、退水情况等信息）、泵机运行资料等。

（5）实时运行数据库：指泵站、污水处理厂实时运行及相关信息，如泵站的开停状况、水位。实时雨量等。

（6）调度运行规则库：指排水运行与调度管理有关的规则和知识，如：开车水位、停车水位等。

2.3 与实时系统接口

实时系统是城市排水管理应用系统的重要数据来源，它可以提供排水系统实时运行状态的有关数据，是管理部门对排水运营状况进行监管的主要手段，也是排水系统评价与规划的重要依据。

城市排水管理主要的实时系统有：

1) 水质实时监测系统

2) 雨情、水情等实时数据采集系统

3) 泵站等实时监控系统

与实时系统的连接有三种方式：

1) 实时系统直接进行WEB发布

2) 访问实时运行数据库

3) 通过应用系统，直接与实时系统进行通讯

2.4 水力学模型的支持

水力学模型支持是城市排水管理系统有别于其他的系统的重要特征，也是难点所在，常言到“水无定性”，排水系统既存在自然的重力流，也有压力流，分析或预测排水情况必然借助于水力学模型的计算。水力学模型的计算结果最直接可以为排水规划和现有排水系统改造提供科学依据，分析现有设施

的排水能力，寻找薄弱环节；也可以为设施运营、参数设定提供参考。

城市排水管理所涉及的水力学模型内容较多，包括地表径流、管网水动力、水质分析等。水力学模型建立依赖于基础资料，地理信息系统的全面建立为水模型计算提供详实的数据基础。水模型应用使应用系统的水平得到质的提升，提高管理科学化水平。

水力学模型与GIS的关系表现在GIS为水力学模型提供管网、汇水区域等基础空间数据，同时直观显示水力学模型计算结果的地理空间分布。

水力学模型还需要与实时数据库结合，以得到预测或模拟所需要的雨情和运行数据。

2.5 系统需要建立的标准和规范

城市排水行业GIS系统涉及信息内容多，数据关系复杂，为了充分整合各种信息资源，实现信息共享，需要在系统建设初期从整个行业管理的角度，编制有关的标准和规范，并指导各个应用系统的建设。标准与规范制定工作包括建立统一的分类与编码体系、设计详细的地图图式、设计综合数据库的结构以及数据库、GIS软件平台的选择等。

3．应用举例

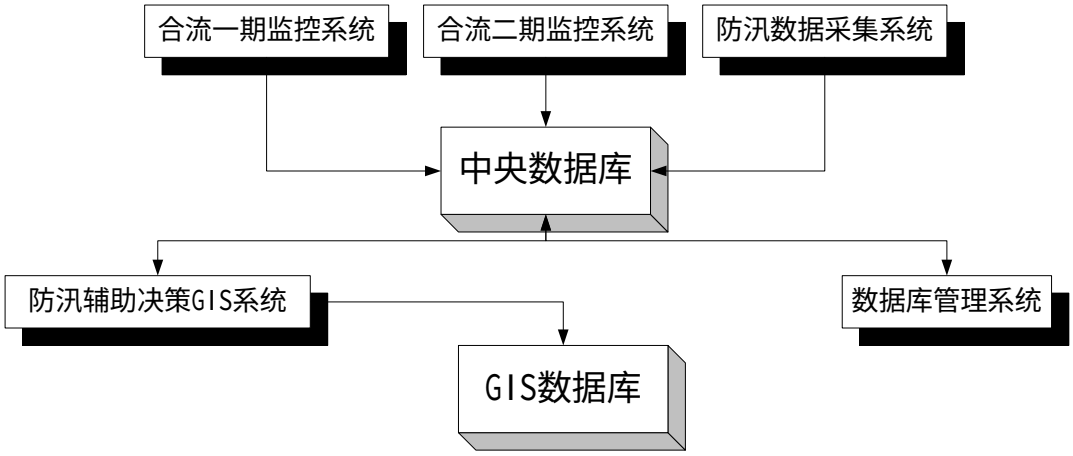
3.1 上海市排水防汛地理信息系统

3.1.1 系统概述

上海市市区排水信息系统是一个具有中央信息查询、分布式的实时数据采集、分层数据传输、辅助决策支持的综合信息系统。系统以防汛数据采集系统和合流监控系统为基础，以GIS为基本工具，实现排水设施和排水数据的管理，实现防汛辅助决策。

运用GIS和SCADA等技术，对全市范围内的排水工程设施进行调查、测量和数字化，并建立排水设施实时数据采集系统，最终全面建成具有中央信息查询、分布式实时数据采集、分层数据传输、辅助决策支持的大型综合信息系统，作为上海市排水管理决策的指挥核心。

3.1.2 体系结构图



3.1.3 主要功能简介

1．数据库管理系统功能

数据库管理系统主要是对整个排水系统所使用的实时数据（SCADA 数据）、历史数据、重要事件数据、属性数据和泵站信息数据进行管理的一套系统。

具有如下主要功能：

1） 用户访问系统权限的管理功能

2） 日志管理功能

3） 各种数据的查询、维护及数据的导出、备4） 份功能

5） 重要报表的生成

6） 泵站数据的三线图生成功能

2 .防汛辅助决策GIS系统功能

结合业务需要，利用中央数据库中的泵站数据信息、GIS 数据库中泵站属性信息，帮助排水运营及管理人员进行辅助决策功能的一套系统。

具有如下主要功能：

系统管理功能
导航定位功能
视窗操作功能
信息查询功能
实时监测功能
积水报讯功能
积水分析功能
气象信息功能
制图输出功能
辅助工具功能
污水输送业务查询功能
防汛系统业务查询功能
污水处理业务查询
管网分析功能

3.1.4 系统配置

1)硬件主要配置

- 中央数据库服务器：两台（双机热备份）
- GIS服务器：两台（双机热备份）
- 合流一期服务器：两台
- 防汛数据采集工作站：两台
- 合流二期工作站：一台
- PC机：若干

2)软件主要配置

- 操作系统：Windows NT
- GIS平台：ArcInfo 8.1.2、ArcIMS 3、ArcSDE 8
- 数据库平台：ORACLE 8.1.7
- 开发平台：BORLAND DELPHI、MICROSOFT VB

3.1.5 系统特点

1）系统覆盖排水运营管理全过程：

通过将 GIS、SCADA、数据库管理、水力学模型等技术有机地结合，系统覆盖了运行调度信息管理、防汛辅助决策、信息发布等排水运营信息化管理的全过程，具有中央信息查询、分布式的实时数据采集、分层数据传输、管理一体化、信息管理与辅助决策支持的功能。

2）系统奠定了排水运营管理的数据基础：

系统建立的数据库内容翔实、丰富、准确，地理空间数据与 SCADA 实时数据的有效结合，较好地满足了防汛与排水运行管理的需要。

3）系统具有高度的集成性：

系统从业务需求出发，在软硬件、数据库、网络通讯、水力学模型计算等多个方面进行了整体的设计和考虑，具有较好的集成性。系统采用地理数据库（Geodatabase）和商业数据库 Oracle 统一存储和管理空间、非空间数据，实现海量空间数据管理，多用户访问，从而真正实现空间数据与属性的无缝集成。

4）系统强调了水力学计算模型的支持：

在选定排水系统内，运用水力学计算模型的建立经过历史资料验证，计算结果可靠，为排水设施改造与运营调度提供了科学的依据。

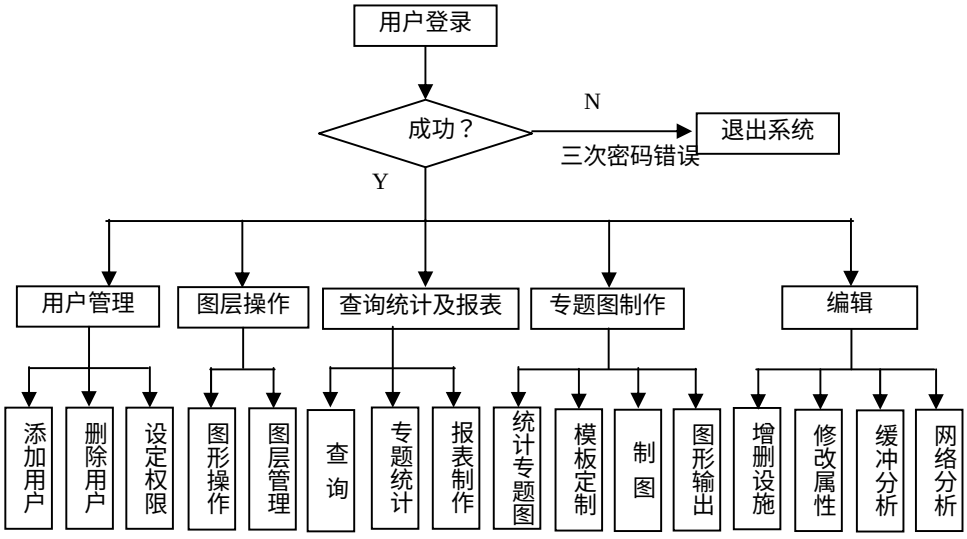
3.2 上海市排水专业规划地理信息系统

3.2.1 概述

《上海市排水规划管理 GIS 系统》是按照排水行业管理要求，通过充分利用地理信息系统及数据库技术，建立完整的排水专业地理信息系统，实现排水信息化管理。系统采用 ESRI 公司的 ArcEditor 8.1 作为 GIS 基础平台，采用工业标准的 COM 技术进行二次开发，系统具有很好的可用性、可扩展性。

3.2.2 功能

针对当前排水行业管理要求，系统提供了用户管理、图层管理、视图操作、查询统计、报表、专题图制作及数据编辑等功能模块，清晰再现全市排水管线现状分布。同时按照排水系统规划需要，将当前规划排水管线、规划排水系统状况加入系统中，通过现状与规划状况对比，可以对排水规划方案制定与实施起到有益的辅助作用。多种形式的查询统计，满足了各种用户查询检索要求。规范的报表输出功能，专题图制作，及强大的数据编辑功能大大减少了工作量，提高了工作效率，省去了大宗图纸的麻烦。



系统功能图

3.2.3 系统配置

操作系统：Windows2000+SP2 / Windows NT + SP5

数据库：Microsoft Access2000（可升级到 ArcSDE+Oracle/SQL Server/DB2/Informix 等大型关系数据库）

GIS 平台软件：ArcEditor 8.1

开发工具：Visual Basic 6.0

推荐硬件配置：CPU 主频 667MHZ　　RAM：128M　硬盘：20G　　显存 32M

3.2.4 系统特色

1）安全性

系统采用用户权限登录机制，管理员可以通过设置用户编辑权限，增加系统安全性。

2）可扩展性

系统采用目前最大的 GIS 服务提供商 ESRI 公司的系列产品，可扩展性强。ArcSDE 是 ESRI 的空间数据库引擎，可以满足处理海量数据和多用户并发访问的需要。

ArcIMS 是 ESRI 的第二代 WebGIS 产品，可以满足在 Intranet/Internet 中的网络发布和共享。

3）先进性

ESRI 系列产品采用主流的、成熟的软件工程技术和标准，支持 GUI、COM 等若干主流技术。同时 ESRI 的 GIS 系列软件产品也是事实上的 GIS 标准，采用 ArcEditor8.1 可以保证系统的先进性。

4）实用性

系统必须能够满足现阶段排水管理的要求，采用用户友好的图形界面，使得操作简便。

系统在开发手段和运行平台上提供了巨大灵活性，支持几乎所有的支持 Microsoft 组件标准的开发平台，如 VB、VC++、Delphi、PB 等，方便客户化。

GIS 在上海市区排水运行管理中的应用

张彦晶　　姚　杰
上海市城市排水有限公司　谈家桥路 154 号　200070

摘要：上海市城市排水有限公司于 2000 年利用世界银行贷款项目启动了《上海市区排水信息系统》建设项目，2002 年系统建成并投入使用。其中，基于 GIS 技术建立的排水防汛地理信息系统为排水的运行管理提供了现代化管理手段，提高了排水管理和决策的科学性、规范性、及时性。本文旨在通过系统设计、系统功能示例等内容介绍 GIS 在排水运行管理中的应用，并对今后系统的数据维护和系统的发展方向提出建议。

一．引言

上海市市区排水主要承担着防汛排水、污水输送和污水处理三个方面的工作。近年来，为建立与社会、经济发展相适应的防汛排水和污水处理，上海投入了大量的人力、财力进行水环境治理和防汛排水的达标改造，同时大力推进信息化的建设，以期用信息化带动管理的现代化和科学化。上海市城市排水有限公司于 2000 年利用世界银行贷款项目启动了《上海市区排水信息系统》建设项目，2002 年系统建成并投入使用。其中，基于 GIS 技术建立的排水防汛地理信息系统为排水运行管理提供了现代化管理手段，提高了排水管理和决策的科学性、规范性、及时性。本文主要就上海市区排水防汛地理信息系统设计思路和应用情况作一介绍。

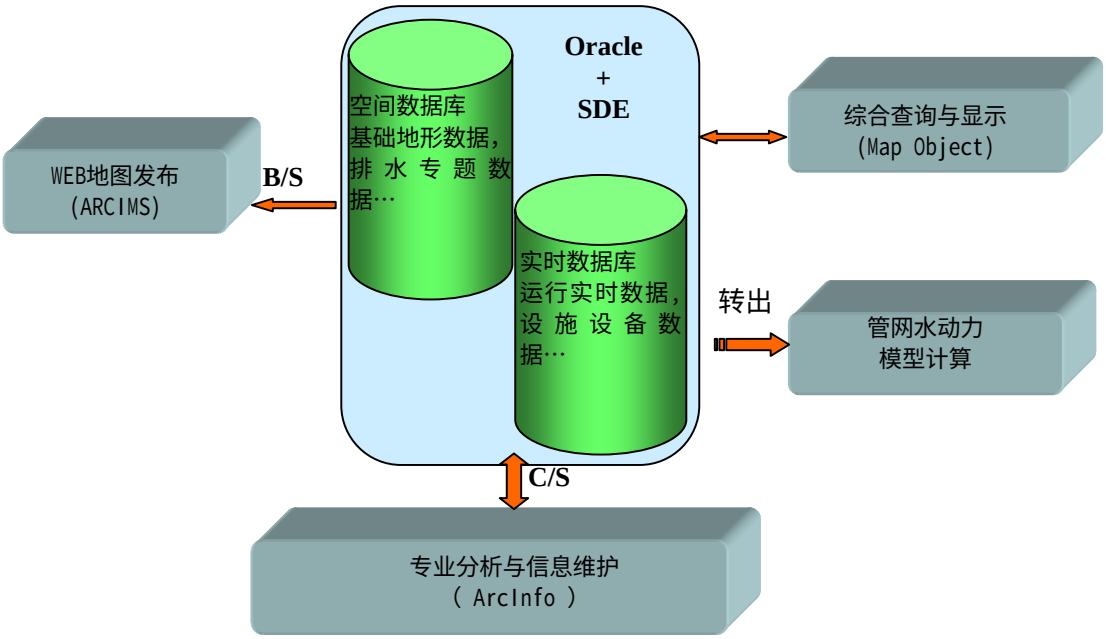
二．系统的设计

系统建设主要经历了逻辑设计、物理设计、应用模块设计、程序开发等四个重要阶段，建设过程始终遵循“以应用为先导”的设计原则，排水运行管理业务人员参与系统建设的每个过程，与系统的开发人员在需求分析、系统设计等各方面均达成了共识，使系统开发成果最终切实满足了排水运行管理的业务需求，具有很高的实用性。

1、逻辑设计

在对排水运行管理业务需求深入分析的基础上，逻辑设计主要对系统功能和数据库进行逻辑分析，并提出系统的建立策略等。

系统的逻辑设计将排水管理人员分为三种类型的系统用户，即获取综合信息的查阅浏览人员、使用专业信息的分析人员和系统维护人员，相应的将系统软件应用环境设计为三类（如图 1 所示）：



第一类是基于 Internet Map Server 的环境，作为一般的浏览用户都可方便使用；

第二类是基于 VB/COM ArcInfo 环境，用户可操作复杂的分析功能；

第三类是基于 MapObjects 环境，技术人员可对数据库进行维护。

基于对排水运行管理业务的需求分析，从逻辑上主要将系统功能归纳为排水设施查询和显示、数据库维护、积水分析、运行管理分析、预测分析、数字化和专题地图（查询和显示）、制作等。

数据库逻辑设计对排水运行管理所涉及的信息进行了分类与定义，其中信息分类如图 2 所示。

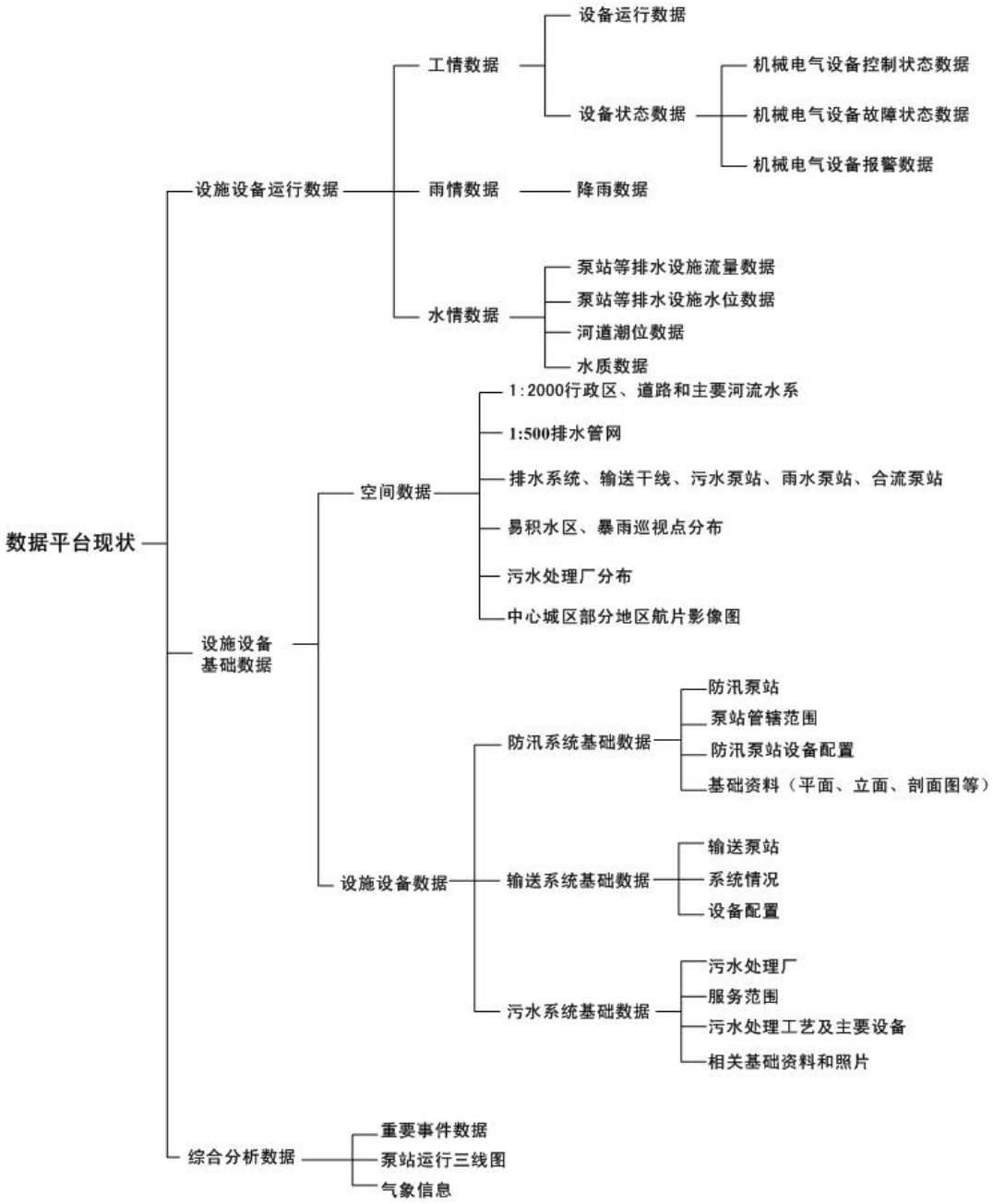
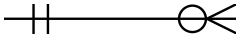
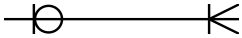


图 2 排水运行信息分类

数据库逻辑设计还为排水设施实体与属性实体建立了数据实体模型，图 3 为泵站实体模型的一个示例，其中实体关系的类型表达为：

1) 必须一个  可以多个；

2) 可以一个  必须多个或至少一个；

3) 可以多个  最多一个。

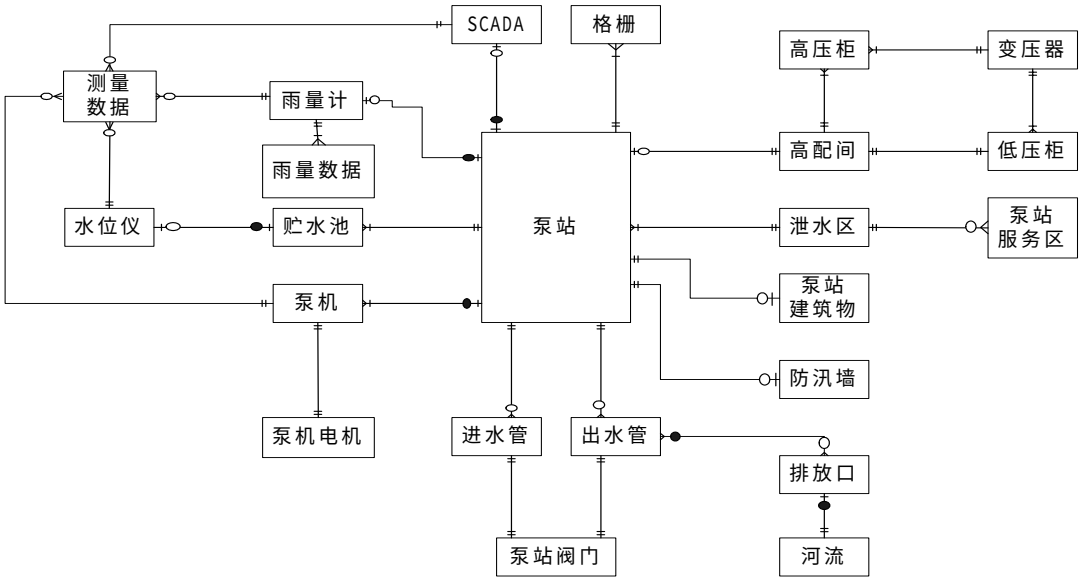


图 3 泵站实体模型

以上系统的逻辑设计为进一步的物理设计、功能详细设计和应用开发提供了建设框架和建设依据。

2、物理设计

根据系统的逻辑设计，系统的物理设计着重对系统所涉及的信息进行详细描述和分析，主要采用 ArcInfo8.X 的数据模型进行描述，建立数据字典，包括域的定义等。表 1 和表 2 分别为泵站的的数据描述和泵机设备的数据字典示例，表 3 为污水厂处理工艺域定义示例。

表 1 泵站的数据描述

特征类别	防汛泵站	数据组：	管网设施
几何特征	点状	Source：:	Coverage
描述	有一台或多台排水泵机的建筑物.		
图例	2.0 已有 泵站 2.0 计划中的泵站		

注释				
名称	来自数据库字段	格式	大小	比例
Panme	Pname	宋体	12	1：500
……				

表 2 泵机设备数据字典（主关键字为泵机编号，外部关键字为泵站编号）

ID	ObjectID
泵机型号	Char(20)
泵站类型	Char(10)
安装日期	Date
铭牌流量(M^3/s)	Number(8,2)
扬程(M)	Number(4,2)
功率(KW)	Number(7,2)
生产厂家	Char(40)
生产日期	Date
单价(万元)	Number(8,2)

表 3 污水厂处理工艺域值定义

序　号	类 型	符 号	名　　称
1	8	H	完全混合式活性污泥法
2	8	A	A/O 法
3	8	B	表面曝气活性污泥法
4	8	P	PAC-SBR
5	8	Q	其它

3、应用模块设计

应用模块设计阶段最终将系统功能归纳为各功能模块，得出各功能模块与相关排水设施设备数据实体之间的关系，并对以上各个功能模块进行了详细的功能分解。

系统各阶段设计均生成详细易读的设计文本，方便排水运行管理业务人员最终参与系统的开发过程和及时对系统的功能开发提出相应的改进意见，使系统很好地满足了排水运行管理的业务需求，缩短了系统的开发、调试周期。

系统在设计时还充分考虑了系统的扩展性，同时采用了 C/S 架构的 ArcInfo、MapObjects 和 B/S 架构的 ArcIMS 开发环境，满足了排水运行管理不同层面业务人员数量增加、管理模式改变、功能需求增加等对系统提出的多方面扩展需求。尤其 B/S 架构的 WEBGIS 功能为各排水运营企业和水务局相关处室查询排水设施空间信息、属性信息和运行信息提供了一个便捷的窗口。

三．系统应用情况介绍

结合排水运行管理相关业务，系统主要开发了信息查询、 实时监测、 积水报汛、 积水分析、 气象信息、 制图输出等功能，以下为主要功能应用情况介绍。

1、泵站实时运行信息监测（如图 4）

实时信息监测是在 GIS 平台上实现对泵站 SCADA 设备采集的泵站集水井水位、雨量和泵机、闸门的开关状态信息进行实时监测显示和历史信息的查询，并在地图上以饼状图、标尺图直观显示。该功能方便了管理人员综合查询泵站的空间信息、属性信息和实时采集的运行信息，可迅捷地为排水运营调度的综合分析与决策提供事实依据。

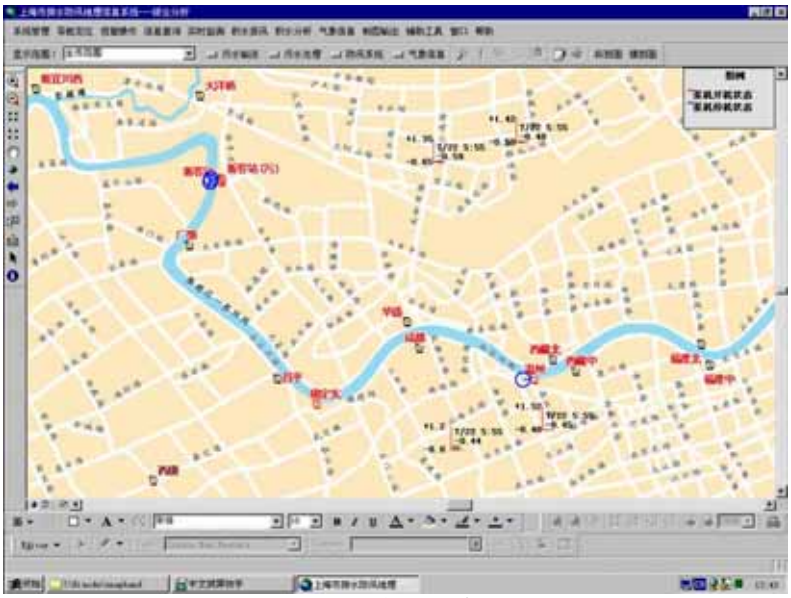


图 4 泵站实时信息监测

2、积水报汛（如图 5）

积水报汛用来记录雨天防汛巡视员在现场通过对讲机或电话报告的积水路段信息，该模块根据报告的积水路段路名等信息自动定位到积水位置，生成积水事件图层，显示积水路段的分布位置，并记录积水路段的积水深度、积水区域的长度、开始积水时间、积水退尽时间等属性信息；模块还提供对积水事件的相关数据进行编辑修改的功能。管理人员利用积水报汛功能记录的雨天积水路段地理位置与积水程度等信息与其它排水设施地理信息进行叠加，可快速分析、判断积水原因，从而对相关积水区域进行排水调度。



图 5 积水报汛操作界面

3、积水分析（如图 6）

积水分析是管理人员分析积水原因的一个向导式工具。该模块分为积水事件分析和积水原因分析两部分。可以根据需要任意选定一条积水路段（或积水区域），自动找出与该积水区相关的排水系统和该排水系统的泵站，查看相关泵站运行曲线图，了解泵站运行工况，利用 GIS 空间分析功能可进一步判断积水原因，最终以图文结合方式形成积水原因分析报告。

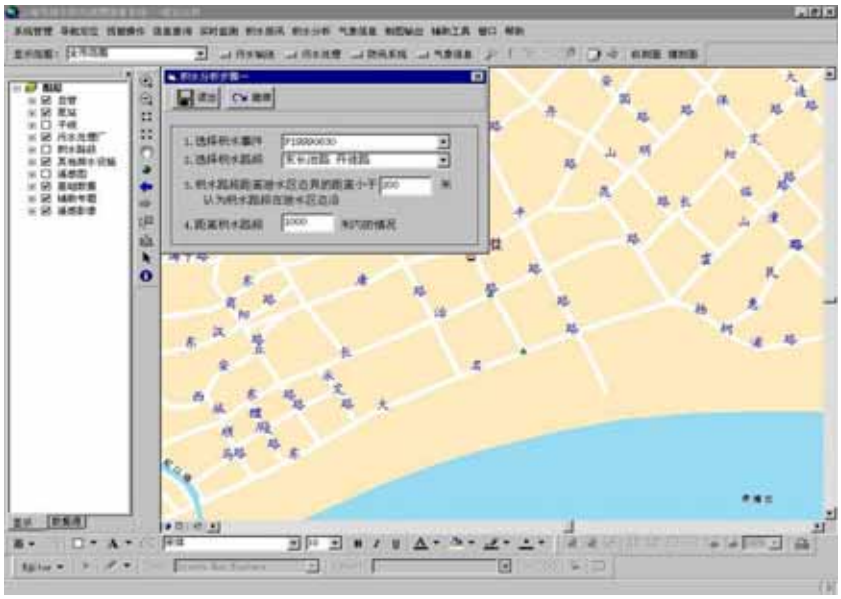


图 6 积水原因分析操作界面

4、积退水经验估算（如图 7）

积退水时间经验估算模块采用排水日常运行管理所用的经验公式，利用 GIS 空间分析功能，估算理想情况下某一场降雨某个排水系统的积退水时间，结果生成如下曲线图。该功能替代了原来的手工计算，并将 GIS 信息与排水泵站 SCADA 监测信息结合，提高了估算科学性和计算效率。

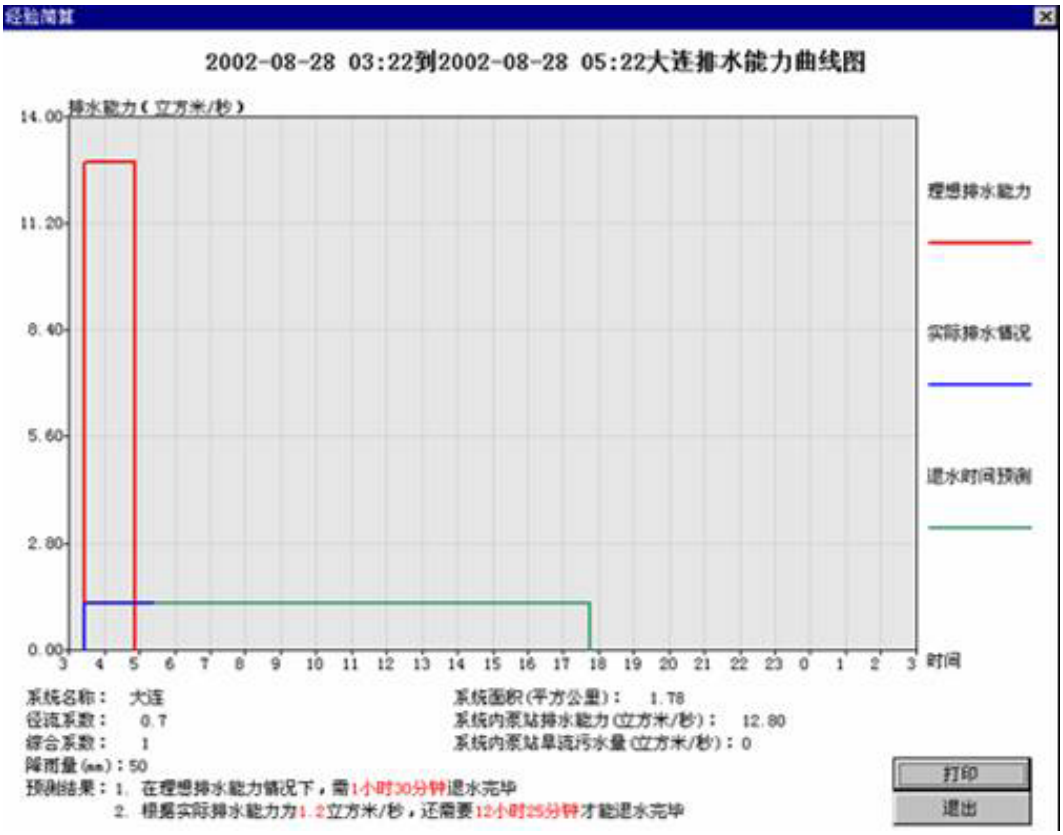


图 7 积退水经验估算计算结果

5、气象信息查询与综合显示（如图 8）

气象信息模块是排水管理人员随时查询重要的气象信息、生成台风路径的 GIS 工具。通过该模块可以查询历史气象资料、外水位（黄浦江、苏州河等河道的水位）的信息、制作台风路径、显示气象云图等。历年台风路径的查询和综合显示，为管理人员预测台风走势提供了参考，以便采取相应的防汛应急预案，为实施防汛应急联动做好准备。

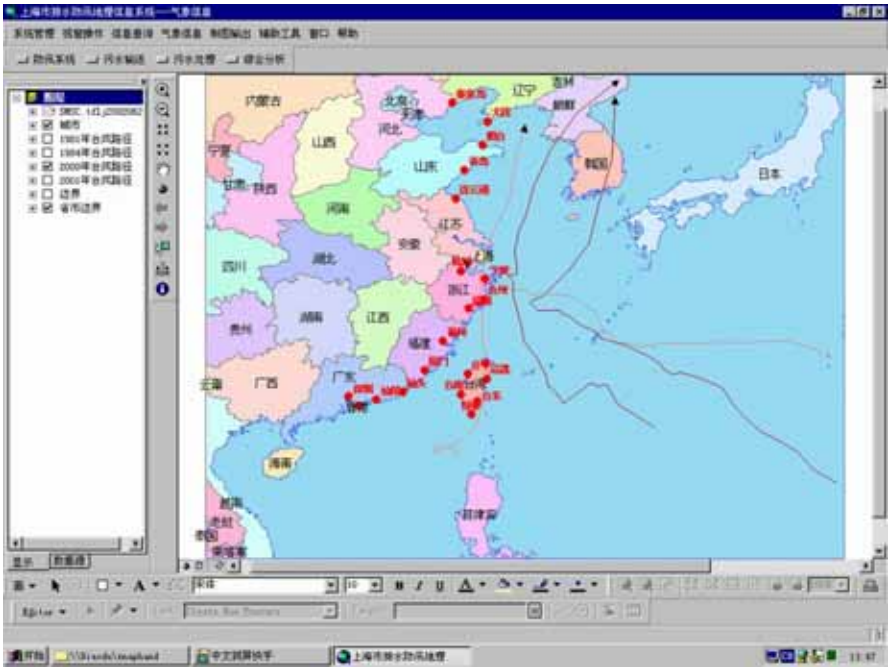


图 8 台风路径显示界面

6、业务向导查询（防汛排水、污水输送、污水处理）

根据防汛排水、输送、污水处理等不同业务，系统开发了向导式的 GIS 查询功能，满足了一般管理人员的业务需要。管理人员可以按照向导指示灵活查看干线信息、管网记录、输送泵站信息和闸阀位置信息，防汛泵站信息、运行三线图、污水处理厂、污水泵站信息、污水处理厂的服务范围和遥感影像等，向导式(wizard)查询便于理解与操作，降低了排水管理人员操作 GIS 系统的专业要求和学习时间。

7、排水运行数据存贮和与管理功能

系统成功建立了排水设施数据库，采用 ArcGIS8.X 地理数据模型，利用 ArcSDE 数据库引擎将空间数据与属性数据统一存放在 RDBMS 中（Oracle 8.1.6）中，实现了空间数据与属性数据的无缝集成、海量空间数据管理、历史数据回滚与多用户并发访问等功能。利用地理数据模型支持面向对象的空间要素，支持多数据源如栅格数据（Grid，Tiff 6.0，Images，BIL/BIP/BSQ，BMP，JPEG,MrSID，GIF，ADRG，...）等特性，系统在统一地理空间的基础上综合了多种排水运行相关的数据源，包括键盘输入的数据、非键盘输入数据如航空影像、照片、自动化设备采集的实时数据等，并对这些数据源进行有效地组织、开发、共享，提高了信息的利用率，如围绕泵站设施，系统综合了如下信息：

1) 设施表格数据（泵机、雨量计、水位仪、流量计、RTU/PLC 设备、服务范围等）；

2) 静态数据（位置、管理单位、电话、地址等）；

3) 阶段数据、历史数据（三线图、泵站工况等）；

4) 实时数据（实时数据采集系统传输信息，水位、雨量、流量、泵机开机情况等）；

5) 照片、工艺图、电气图等图片资料；

6) 平面图、剖面图图形资料；

7) 泵站简介文字资料；

8) 遥感影象（利用 MrSID 进行压缩）。

8．多种专题图制作功能（如图 9）

根据汛期排水重实效的特点，系统除应用 GIS 本身强大的地理图示功能外，还能快速生成以下多种直观的排水专题图，为管理人员和决策人员及时提供所需要的排水综合信息，减少响应时间，提高管理和决策的效率，服务于少积水、快退水的防汛排水目标。

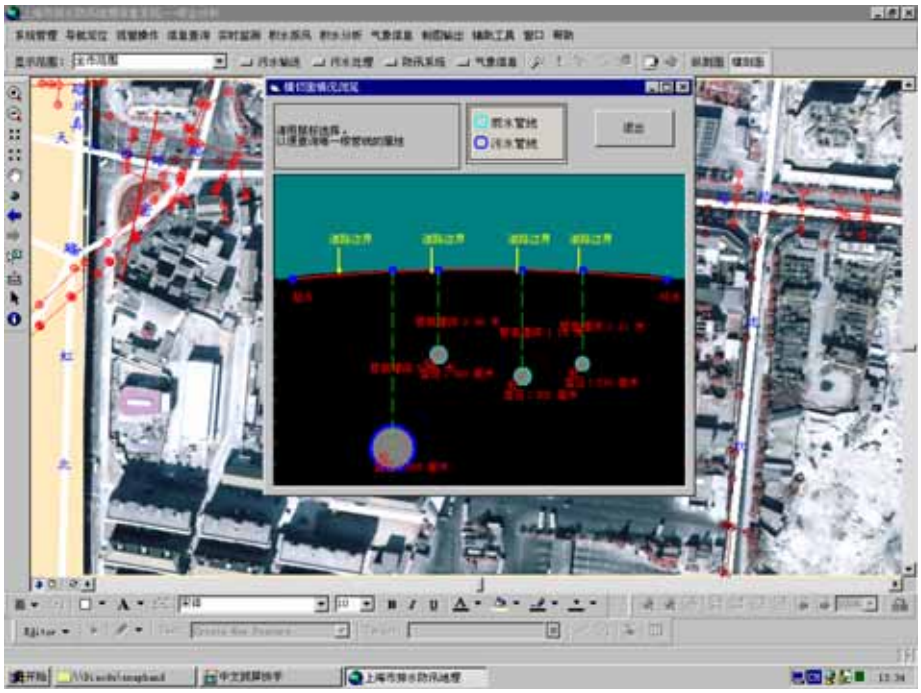
1) 三线图（显示泵站泵机开停、雨量、水位信息）；

2) 饼图（屏幕上监测泵站实时信息直观图示）；

3) 标尺图（屏幕上监测积水点、外水位实时信息直观图示）；

4) 横剖面图（直观图示管线在道路上的横切面布置）；

5) 纵剖面图（直观图示管线在道路上的纵向布置情况）。



四．结论

ArcInfo、MO、ArcIMS、ArcSDE 等 GIS 工具和 ORACLE 大型数据库工具在上海市区排水运行管理的应用,成功搭建了排水运行管理基础地理数据平台和应用平台，全方位服务于排水运行管理建设目标，提高了排水运行管理水平。

随着信息技术的不断发展和排水运行业务需求的不断扩展,GIS 在排水运行管理中的应用必将向更纵深的方向发展，然而在系统不断扩展的同时，排水管理部门应加强基础地理信息的统一维护和更新，建立信息维护与共享机制，确保 GIS 系统永保旺盛的生命力。

此外，基于目前《上海市市区排水信息系统》的现状，今后排水运行管理信息化在搭建应用支撑平台、应用系统平台、数据库平台、行业应用数据采集标准平台、公共配置系统平台和各种技术体系等方面还需不断加以完善，而信息共享、信息交换和应用集成化、自动化、虚拟化则是未来排水运行管理信息化发展的主要方向，排水 GIS 平台未来发展亦应如此。

基于 ArcGIS 平台的排水管网 GIS 系统开发

正先数码科技（深圳）有限公司

1．前言

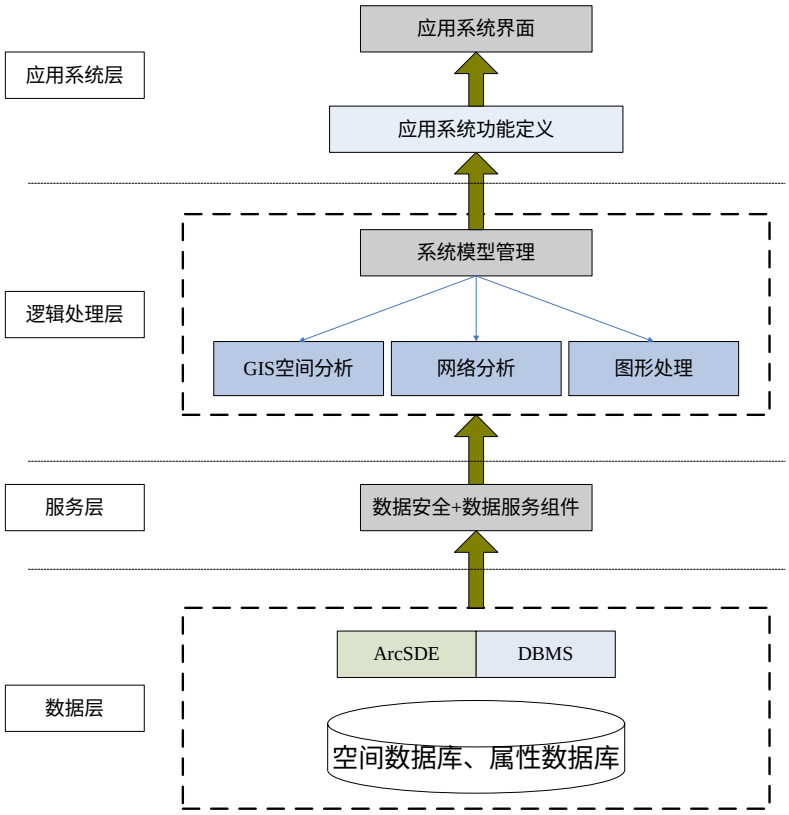
随着城市建设步伐的不断加快和城市规模的日益扩大，排水设施管理工作也日趋复杂，排水管网系统更加庞大，图形资料也越来越多，利用现代信息技术进行管网资源管理、空间分析与优化等工作，实现排水管网管理的现代化是已经是必然的趋势和选择。排水管网 GIS 系统是适应水务部门信息化建设的需要，从实用、简洁、灵活、高效的思想出发，以计算机、数据库技术为基础，借助 GIS 技术空间化、图形化的特点，提供一个安全可靠、功能强大、界面友好、操作简便的排水管网 GIS 管理工具，实现排水管网的规划设计、维护更新、查询统计、分析优化以及信息共享等功能，从而满足土地管理各项业务的要求和需要，提高工作效率。

2．系统总体设计

2.1 系统体系架构

排水管网 GIS 系统采用 B/S/S 体系和 C/S/S 体系相结合的复合型体系结构。系统需要实现的功能包括管网数据编辑、维护、管理、空间分析等。其中，由于 C/S/S 方式具有良好的交互性，能够满足对图形数据的大量操作和对系统响应时间的要求。因此，基于系统安全性和速度要求，将管网数据的录入编辑功能放到 C/S/S 下实现。除了数据的录入和编辑功能外，在 C/S/S 模式下的所有功能，在 B/S/S 模式中都予以实现， B/S/S 模式采用.NET 架构开发实现。

系统的逻辑结构图如下所表示：



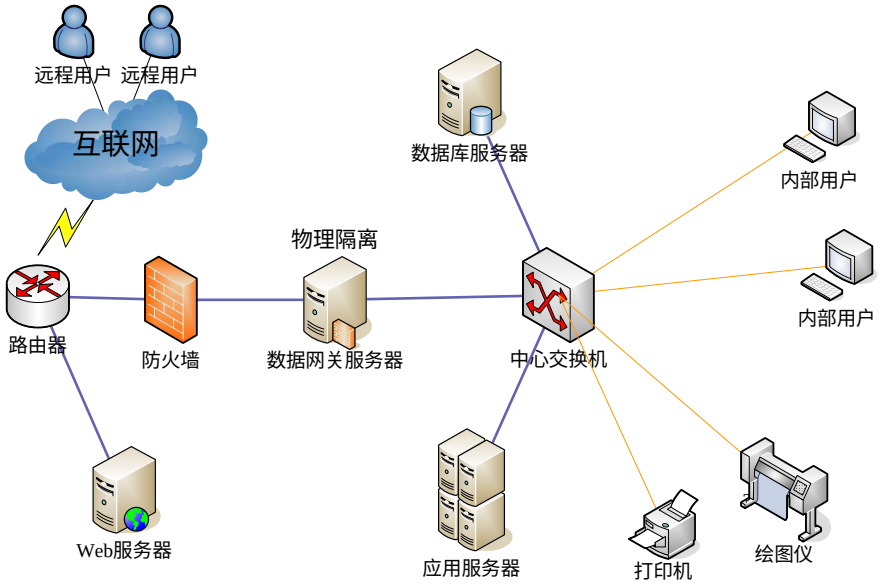
2.2 系统运行环境

系统的 GIS 开发平台采用 ArcGIS 平台。其中，空间数据引擎选用 ArcSDE，管理端软件选用 ArcGIS，普通端软件选用 MapObjects，空间信息发布软件选用 ArcIMS。

系统的其它软件配置为：

- 服务器操作系统选用Windows 2000 AD Server；
- 客户端操作系统支持Microsoft Windows 2000/XP；
- 数据库选用Oracle 9i；

系统的网络与硬件结构图如下所表示：



3．系统功能介绍

3.1 基础地图数据管理

基础地图管理提供电子地图的基本功能，包括图形的放大、缩小、漫游、图层管理、制图输出等功能。

在基础地图数据管理中，为了保证基础地图数据的更新，系统提供了灵活的数据转换功能（数据的导入、导出等）。

- 数据导入

主要针对常用的各类电子版数据，如 AutoCAD、TXT 文本等数据的导入。本系统支持多种数据格式，提供数据格式转化的接口，直接完成空间数据的导入；能够进行属性数据的批量导入。

- 数据导出

空间数据格式转换输出：系统的矢量图形数据，提供常用图形格式（DWG、DGN、MIF、E00、ShapeFile 等）的转换输出向导功能；

- 图像格式输出：系统的矢量图形可以直接导出为一般的图像格式，如 TIF、BMP、JPG 等。
- 文本数据输出：能够实现属性数据的导出。

3.2 管网输入编辑子系统

管网输入编辑子系统包括管网图形资源与属性资源的维护，在设计中，提供多种设计工具，同时根据不同对象的特点，提供不同的图形编辑方式，实现了对各类设施的符号管理，此外，根据其输入

编辑特点，增加了版本管理、拓扑管理及资料库等的管理。

1.设计符号库管理

为了方便管网的编辑，系统建立了常用排水设备的符号库，对器材符号采取模板管理的方式，把公用参数在符号模板配置中处理，在设计时直接进行调用。用户能够根据需要对符号库的内容进行增加、删除、修改及保存等。

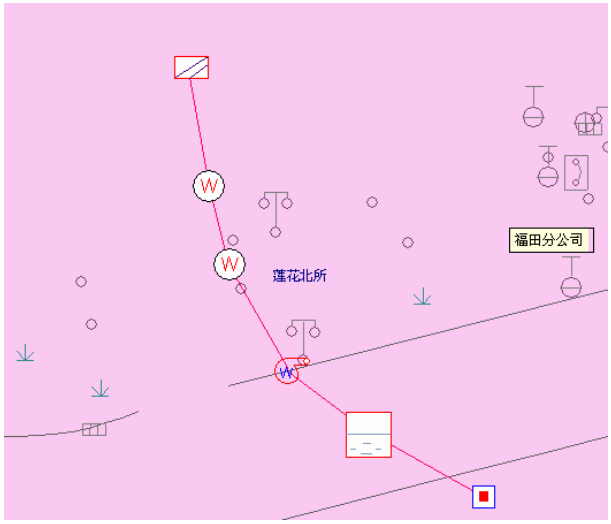
2.设计工具

在管网输入编辑中，系统提供了丰富的设计工具，包括捕捉工具（捕捉点、捕捉中点、捕捉交叉点、捕捉垂足点、捕捉最近点、捕捉延长线、捕捉角点、捕捉平行线等）、量算工具、设施范围选定工具（圆选取、多边形选取、矩形框选取）、各类设施编辑工具、分公司边界范围编辑工具（选取、增加角点、删除角点等）、路段编辑工具（选择路段、添加路段、打断路段、增加路段拐点、删除路段拐点、合并路段工具）、标注工具（动态标注、静态标注、路段标注）等。

3.图形编辑

包括各类供水设施图形信息的增加、删除、修改等。在图形绘制中，可以按照选取参照点或者输入绝对坐标的方式，定位输入对象的位置，根据水务管理的特点，增加范围编辑功能及路段编辑功能，其编辑特点与管网设施图形编辑有所不同。

在图形编辑中，系统支持编辑时的 check out/check in、undo/redo、复制/粘贴、组选择、组复制及满足条件的组复制等；可以方便连续绘制设施对象，能记录不同用户的设计情况，以便于浏览时用不同的颜色可以进行区分；定义规则库，可设置各类设施的规则库，增加设施之间的联系及约束；用户可任意裁减处一块图形将其转化成 Auto CAD 或其它格式，然后在其它环境下设计，设计后的图形又可无缝导入到系统中。

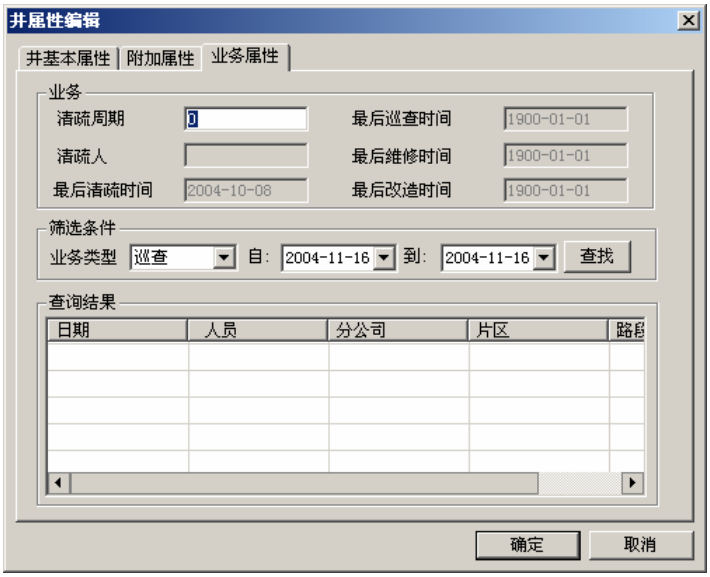


管网图形编辑

4.属性编辑

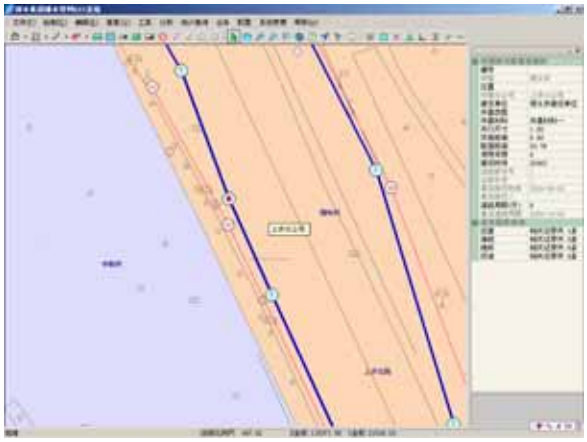
在管网辅助设计图形信息编辑完成后，则进行相关专业属性的录入。系统提供对属性资料的增加、删除、修改，对于属性编辑，系统还提供了设置的简单属性编辑功能。

基本属性包括其长度、标高、所属路段等基本信息，业务属性则是包括其各类日常维护信息。



井位属性编辑

在属性编辑中，简单属性信息是根据系统属性设置，在设施属性维护中，不对其所有信息进行编辑，只对最基本的信息进行维护，“ 非简单属性 ”则在简单属性编辑状态下不可编辑，从而使输入属性内容求尽量少。



简单属性编辑

5.拓扑管理

在辅助设计中，系统提供对排水管网的拓扑管理，能够自动建立排水管网设备之间的拓扑关系，并生成和查看管网逻辑拓扑图。

6.版本管理

在管网设计与维护中，系统能够对管网工程的版本进行管理，包括新建版本、编辑已有版本、比较版本、合并版本等功能。

7.资料库管理

系统资料库不仅有片区的资料库，也有排水设施和排水管道的局部资料，包括各类原始资料（设计图、竣工图、施工图)、施工维修记录资料、管道清疏资料等，这些资料通常以文件形式存在，。

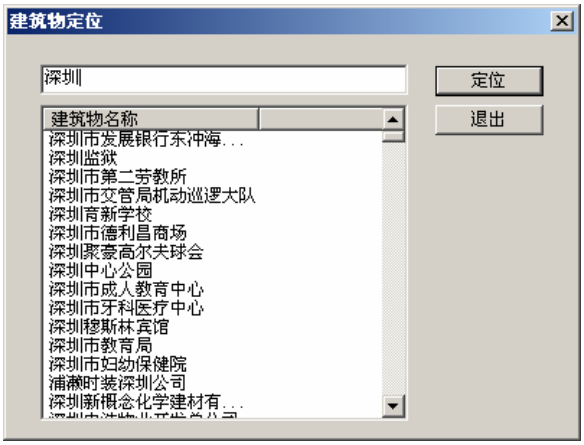
系统提供资料的新增、删除和查看，并实现设备、管道与相关资料文档的关联。

3.3 管网管理子系统

管网管理主要是指对管网资源的日常应用，包括信息查询、统计等。

1.信息查询

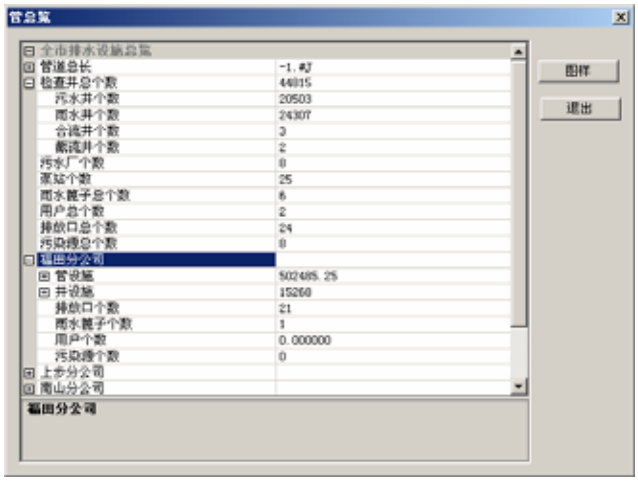
包括空间查询、属性查询及按照建筑物名称、路段名称查询相应设施所处位置并进行定位。



建筑物定位

2.信息统计

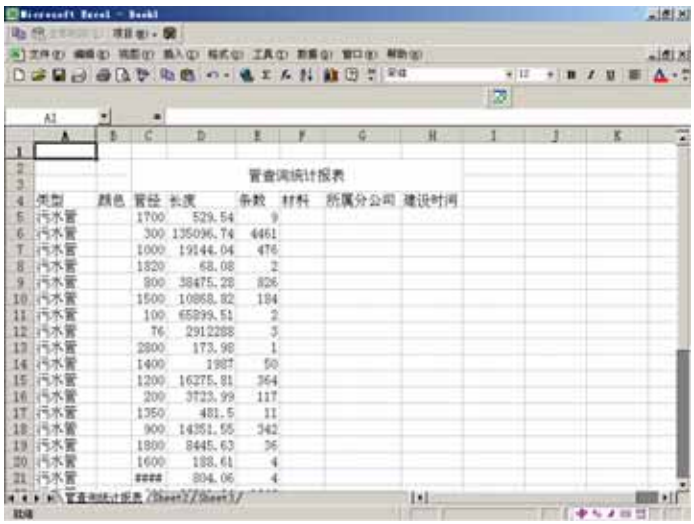
除了空间查询外，根据供水管网的特点，增加了各类对象的分类统计、总览及道路设施的统计等，同时实现了专题图方式的统计。对统计结果，按照供水行业的管理特点，能够输出为 EXCEL 表格。



管线数据总览



管网数据的饼图浏览



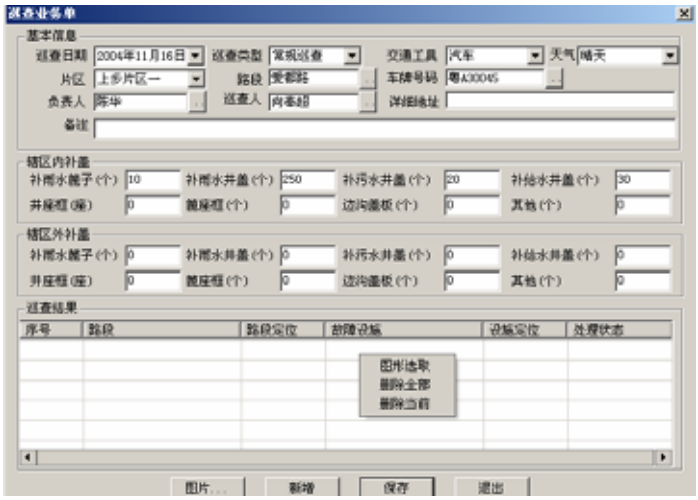
管网数据导出为EXCEL格式

3.4 管网维护子系统

管网维护主要是对排水管理的各个业务活动（巡查、清疏、维修、改造、防洪排涝等）所产生的数据进行录入、查询、统计。

1．巡查单录入

巡查单录入主要是对巡查业务的表单数据录入到系统中。在数据录入之前，可以对需要巡查的路段或片区进行地图定位，并初始化录入界面，如加载路段或片区信息；数据录入时，系统自动进行数据合法性检查。录入有问题的对象时，可以通过选择图形实体，自动装载其属性进入巡查表单中。

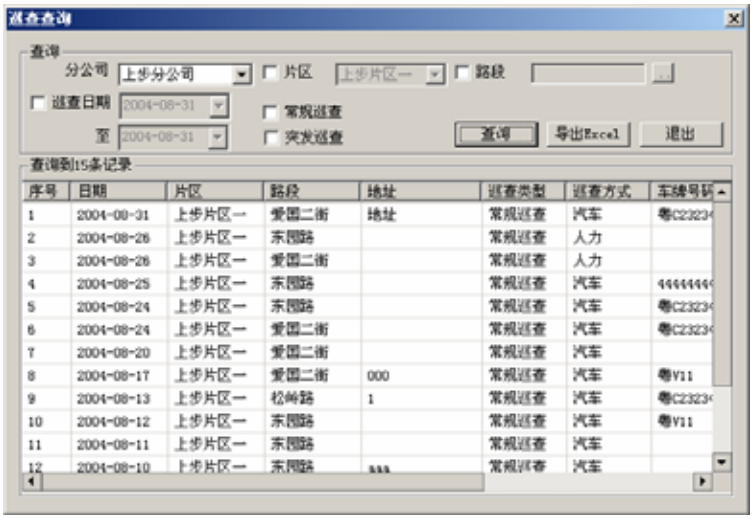


巡查单录入

2．业务查询统计

用户可以指定查询条件，如业务类型、发生时间、发生路段等，对排水业务信息进行查询。查询结果以列表形式显示，并能将列表导出为 Excel 文件。在查询结果列表中，可以选择查看该业务的详细信息。

系统能够自动按年份、月份等条件统计出对应日期的排水业务管理信息。



3．报表管理

系统能够根据排水业务的特点，自动生成相应的专业业务报表，如巡查补盖报表、清疏维修完成月报表、清疏完成明细报表、维修完成明细报表、清疏完成汇总报表、维修完成汇总报表等。



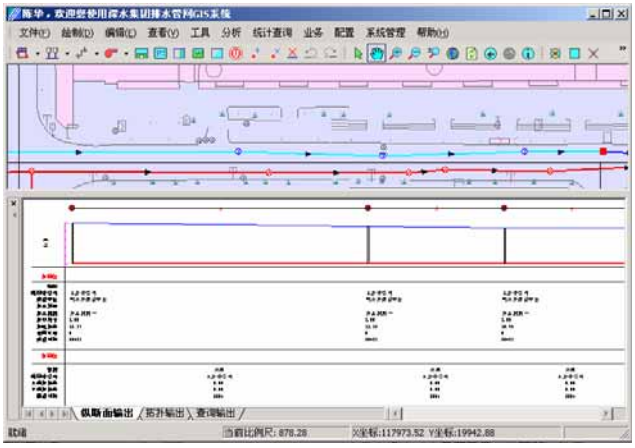
3.5 空间分析子系统

空间分析子系统包括断面分析、3D 分析、连通分析、污染源追踪分析、污染范围自动划分等。

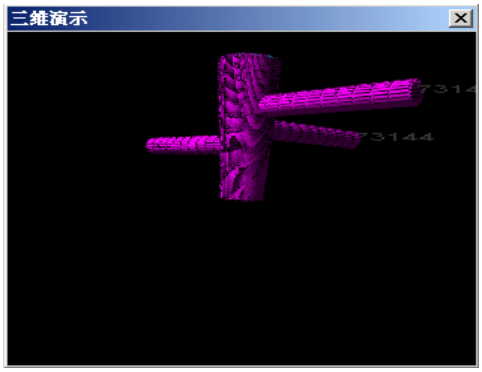
其中：

纵断面分析：能沿着管线的方向，将所选择的管线及附属设施的断面情况显示出来，在断面图上可点击查看单个设施的属性图，也可实现放大、缩小、平移、全图、清除等操作；还可以设置显示的对象以及对象需要显示的属性。

3D 分析：实现管道的三维图形显示，提供图形旋转及相应的属性信息查询，在分析中，提供自动演示与手动演示的功能。



纵断面分析



3D分析

3.6 系统管理

包括用户权限管理、日志管理、数据备份与恢复、系统配置等，其中系统配置提供对系统的运行环境进行配置，包括片区路段配置、界面风格设置、电子地图配图（颜色、注记、符号等）、系统数据库设置等。

3.7 与SCADA等应用系统的接口

系统通过与 SCADA 系统、MIS 系统和收费系统集成，实现排水信息综合管理。如通过与 SCADA 系统的数据交换接口，实时读取 SCADA 采集过来的数据，在排水管网图中各个检测点上实时显示水压、流量等数据。

4 系统总结

排水管网 GIS 系统选用 ArcGIS 平台，通过空间数据库管理工具 ArcSDE，将基础地理数据、专业数据、业务数据和设备属性数据统一存放到大型数据库中，方便用户并行编辑排水管网数据。在管网数据编辑录入中，提供了强大的网络拓扑管理工具，用户可以自定义排水管网和排水设施的拓扑关系，也可以在编辑排水管网的同时自动建立拓扑关系。为了方便地查看埋地排水管道铺设情况以及排水管和非排水管空间关系，系统提供三维分析手段查看排水管网。系统通过提供版本管理功能模块，同一条道路或同一个地区的排水数据可以有几个设计版本，从而可以比较其数据的不同之处。

此外，系统还提供了与现有多个应用系统的接口，包括 SCADA 系统、OA 系统及收费系统等，实现多类 GIS 图形数据与业务数据的综合应用；系统中的图形和属性数据编辑功能简单易操作，软件的某些部分的风格可以与目前常用的 CAD 软件等的风格尽量保持一致，从而使用户不需要经过复杂的培训就可以使用该系统。

本系统是针对深圳市水务集团排水管网 GIS 系统一期的目标而建设的，在二期的建设中，将进一步完善专业的分析功能及系统的优化管理模块。

“信息系统就是管理”——广州市排水专业 GIS 系统建设

广州瑞图信息技术有限公司

1．背景介绍

从 1999 年开始,一场关于河涌截污的战役在广州开始打响启动,这场治污战役的目标是使河涌“水清、岸绿、堤固”，彻底治理珠江，保护母亲河。当时，广州市每天有 112 万吨的污水直接排入了 200 多条河涌中，最终流入珠江。河涌成了“排污渠”，污水严重影响珠江水质。

为了配合广州市委市政府“万人游珠江”活动，展示广州市污水治理成效，体现“和谐广州”新风貌工作，广州市市政园林局和广州市污水治理有限责任公司于 2005-2006 年陆续开展了“数字市政”——排水专业 GIS 系统及广州市水污染源调查项目，并已取得初步成效，有望从信息化建设的角度，进一步辅助和加强广州市整体排水管理工作。

从广州市的情况来看，污水治理和排水专业 GIS 系统的工作主要面临以下几项困难：

□ **历史悠久，资料残缺**

早在封建帝王时代，广州市就已有初步的排污设施；经过多年建设，许多工程的设计图纸早已遗失或与实际情况有较大出入，可以说，没有一套完整的能够真实反映广州排水管网分布、运转状况的资料。

□ **河涌众多，治理难度大**

据 1999 年的不完全统计，广州市拥有河涌 200 多条，总长 900 余公里，每日都有污水直接排入珠江。

□ **管网、设施分布广，总数大**

广州市除原“老八区”外，对 2005 年广州新的区域调整方案也要作出相应的举措，进一步扩大收水面积，对加强白云区生态环境建设，保护广州市西部饮用水源具有重大意义的白云区北部 4 个污水处理工程（石井、竹料、九佛、龙归）也已投入建设；

□ **雨水、污水管网分流、合流制并存，管理难度大，技术改造难度大**

由于历史原因，当前老城区原有排水设施雨污混接情况比较严重，同时有较多的污水偷排、乱接现象，使部份河涌的污染仍然存在。

□ **大批建设工程正在或计划实施**

猎德三期、大沙地、石井一期、龙归一期、竹料一期、九佛一期等 6 个污水处理系统已经或正在进行建设，管线和设备设施的情况日新月异

□ **运营管养基本采取粗放模式**

许多工程图纸、设计数据缺乏统一有效的管理方法，许多工作的开展，只能沿用传统的粗放

式管理，精细管理无从入手

□ **事故时有发生**

市政、电力、通讯工程施工期间，由于有时缺乏精确的图纸和数据指导，挖断管的事故时有发生；暴雨、台风季节，雨污合流管网溢流事故时有发生；部分河涌、排污管，接驳错误，污水直接排入珠江的排污事故直接威胁着珠江的水质

2．宏观愿景

整治珠江是广州市委、市政府一项重要的民心工程。目前珠江水质已达到 2002 年下达的“一年初见成效,三年不黑不臭”的任务，并正在向 2006 年广州市老城区污水处理率达到 100%的目标迈进。

从总体目标上来讲，排水专业 GIS 系统的任务就是服务于广州市政建设工作，最终实现——生活污水 100%处理率，未处理污水零排放！

具体来讲，可以细化到以下几方面内容：

□ **配合广州市市政园林局“ 数字市政 ”建设的总体要求**

全面完善排水专业的系统数据和专业功能，为广州市市政建设管理工作全面数字化提供有力的专业保障。

□ **配合广州市水污染源调查项目的开展**

保证外业摸查的污染源、排水管网数据准确如实的记录、存档，及时检验和核查外业摸查数据的完整性和真实性，完成数据入库；并提供良好的数据查询、统计、分析功能，服务排水管理业务。

□ **建立排水专业数据标准，保障数据来源**

针对历史排水工程数据进行收集和整理，力保真实客观的反映已有管网、设施的建设运营状况；对于在建的排水工程，及时跟踪项目建设情况，收集相关数据，对于竣工数据，进行严格管理和要求，保障数据质量符合数据标准的要求。

□ **辅助雨污混接管道改造改造工作**

将根据水污染源的摸查结果和管网现状，通过收集分析管网数据，建立 GIS 数据管理系统，对雨污混接、管网堵塞、水浸街等问题进行整改，完善排水体系。

□ **辅助完善排水管理体制**

配合市政园林局对排水管理体系的一系列改革措施，辅以相应的管理工作，便于日常业务的数据采集和管理。

3．指导思想

在广州市排水专业 GIS 系统建设工作以来，市政园林局、污水治理公司领导非常重视相关工

作的开展，并给出了非常明确的指导思想，项目组在工作开展中，也始终坚持将这些原则贯彻全程。

□ **明确指导思想——信息系统就是管理**

互联网时代，一个中小规模的企业，其涉及的信息量是相当惊人的，所以，一个企业的信息，完全装在人的头脑里是不现实的。作为拥有几千名相关工作人员的广州排水行业来说就更是如此。如何实现企业运作与相关决策的科学与合理，很大程度上就是要将这些信息专项化、概括化，满足不同层面的管理和决策需求，做到“让工作直接生产数据，让管理基于数据，让数据说话”，所以说——信息系统就是管理。

□ **科学总体规划——将企业目标发展与信息系统规划有机结合**

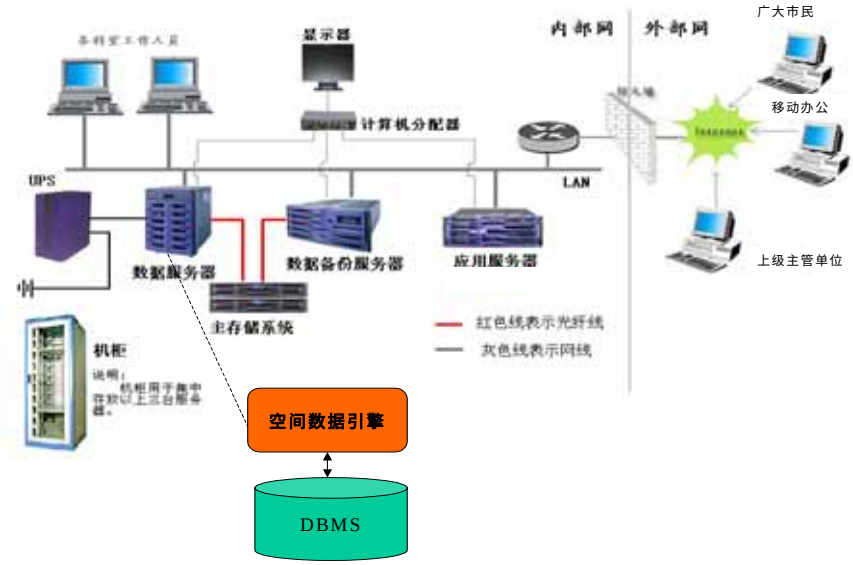
信息系统建设中过程，系统建设与客户业务脱钩的现象，在国内屡见不鲜。许多系统的设计建设人员都是软件行业的专家，却对客户的业务缺乏理解，这样做出来的系统，是注定了缺乏生命力的。针对这个问题，我们在项目组中，聘请了规划、国土、建设、市政、给排水等相关专业的多名专家作为业务指导，由他们对广州市的排水业务结合自身行业优势，提出具有较强针对性和指导意义的需求建议，并且在此基础上进行系统的设计和开发。这一做法，在项目实施过程中，起到了非常好的效果，专家们提出了很多具有建设性的宝贵意见和建议，对系统建设起到了关键性的指导作用。

□ **合理建设——尊重信息系统工程特点，结合自身特色，有效开展工作**

信息系统建设，是一项长期和艰巨的工作，许多客户对于信息系统建设的了解也是比较缺乏的。针对这样的特点，我们一方面加强与客户的交流，进行正面引导和沟通，另一方面，要求项目组将所有设计、分析都以客户可以理解的方式展现出来，务必寻求一个可以相互交流的共同平台，使得项目相关工作得以顺利的开展。

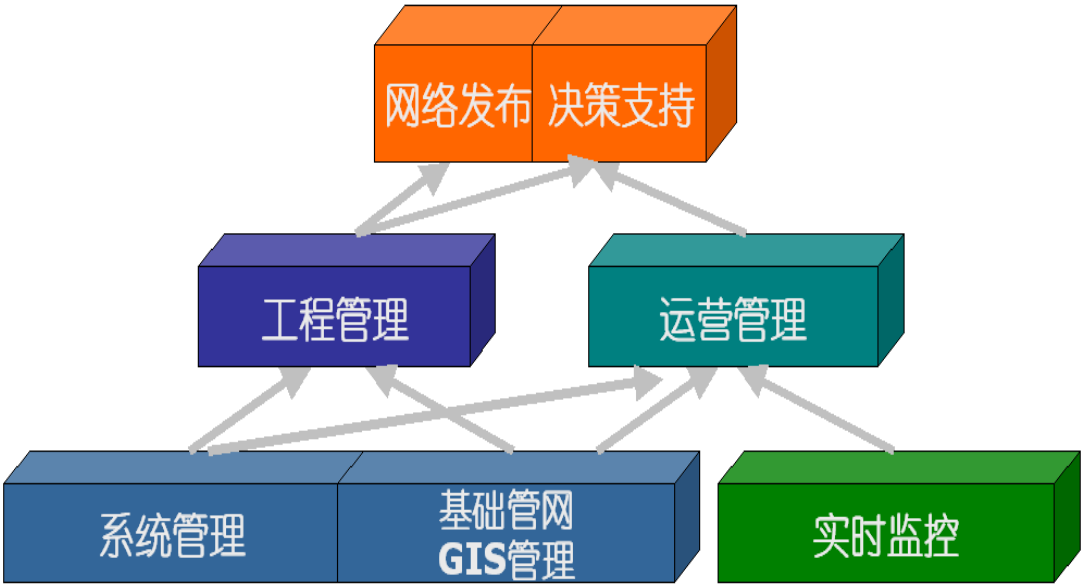
4．工作方案

软硬件环境



- GIS 平台，主要由 Esri 的 ArcDesktop、ArcIMS、ArcSDE、ArcEngine 等产品组成
- 数据库——相关数据库 DBMS 产品
- 主存储服务器添置——专业数据主机，独立主机单独作为 Web 应用服务器
- 存储扩容——将总可用存储空间扩展到 1TB（1000GB，现有 73*4GB）以上，需要磁盘阵列、通讯光纤、接口卡等设备
- 双机备份——一台主机，作为备份主机（主服务器发生故障时，可及时切换到该备份服务器）；双机备份的必要软件，大大降低运营成本和事故风险
- 其他周边——机柜、UPS、多机共享显示器、键盘、鼠标用的显示控制分配器等

软件逻辑结构

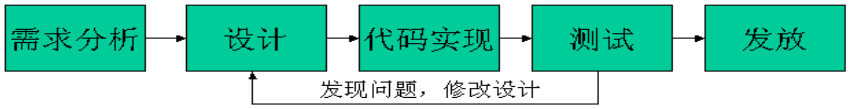


从软件逻辑结构上，我们将排水专业 GIS 系统划分为三个层次：

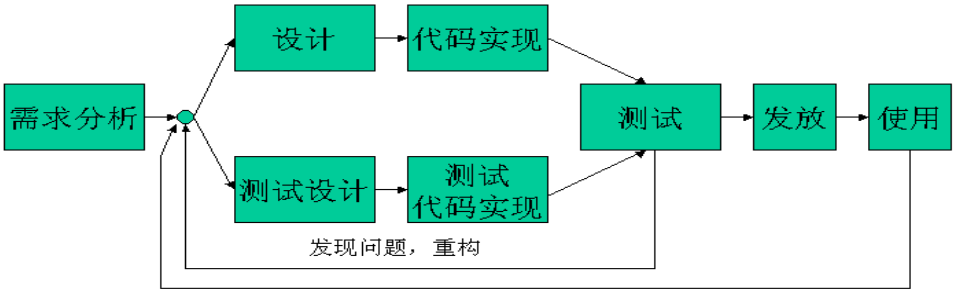
- 第一层次，是基础的系统运作、系统安全、基础数据采集机制的建立，这一层次也是最为关键的层次，它保障了原始数据的来源，保障了数据的安全和可利用性；
- 第二层次，主要针对排水业务的专业特征，对实际业务需求进行深入互动式的发掘，针对实际业务的模式，设计具有高度可操作性的行业特征软件工作，提高业务管理运作的效率；
- 第三层次，主要为广大市民、主管领导、上级主管部门等服务，进行数据的统计、摘要和分析，便于了解宏观状况，并作出决策辅助意见。

工程方法

传统软件工程方法流程



测试驱动工程方法流程



在本项目中，我们针对排水行业从业人员信息化水平参差不齐、需求变化大、工程时间紧等特点，制定了专门的应对策略，其中最主要的就是针对排水专业 GIS 软件开发过程的控制——测试驱动方法，这种方法带来了一系列的好处：

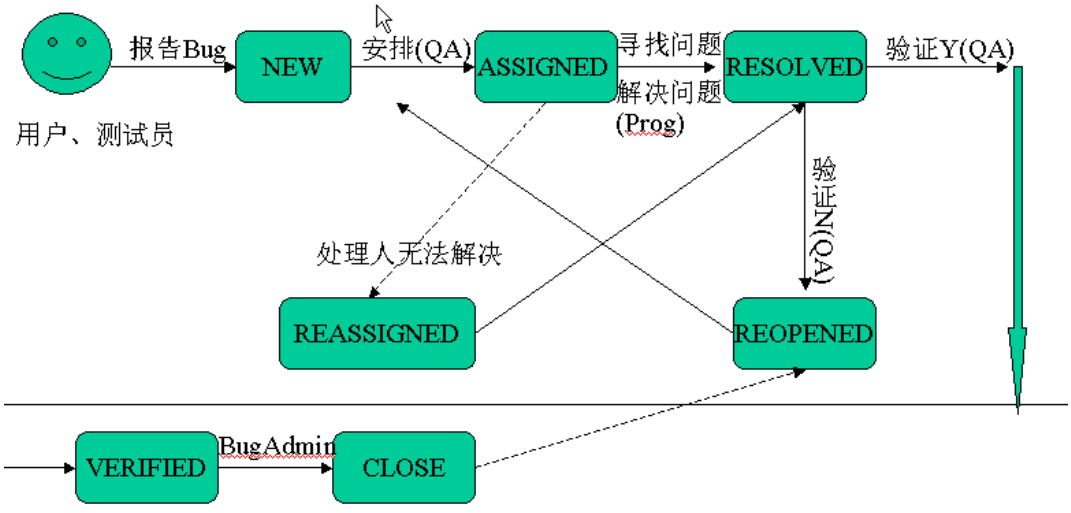
□ 突出了需求工作的重要性，需求的顺利和准确定义，意味着系统的建设已经成功了一半，反之，系统的失败也将是必然的了。

□ 尽早的发现设计问题，降低了设计迭代的代价

□ 用户可以及早的了解和参与到工作中来，更容易发现一些细节的问题

□ 系统问题在交付后，仍然可以得到妥善的处理和解决，并且错误修正的效率可以得到保证

缺陷跟踪



在项目建设后期和投入运营后，我们将采取专业的缺陷跟踪软件工具，对软件、客户应用习惯、数据质量等问题进行全面的跟踪。对所有登记在案的系统缺陷，做到“有缺陷，就有处理办法”，“有处理，就有审核”，“有缺陷解决，就有完整的解决历史记录”，通过这样细致入微的工作，来保障系统建设的顺利进行。到目前为止，登记在案的缺陷及相关处理办法，就已经有 200 多个。

培训和知识积累

- 基础 GIS 知识培训：包括 GIS 概念，应用领域介绍，未来发展趋势等。
- 操作系统管理培训：如服务器操作系统平台（Unix + Windows 平台）的管理培训；
- 空间数据库管理培训：基于 GIS 体系建立的空间数据体系和架构的综合介绍，以及数据结构设计原则和建设方法介绍。
- 关系数据库管理培训：对于关系数据库产品的使用、管理、维护、备份、恢复等综合培训。
- 数据采集、加工人员的专项培训，提高最终数据质量
- 最终用户的使用培训

5．成果展示

数据建设

- 利用现有图纸——纸张、AutoCAD 等，整理入库
- 结合水污染源调查项目，扩大数据来源和提高准确性
- 未来建设项目，按照统一标准直接入库

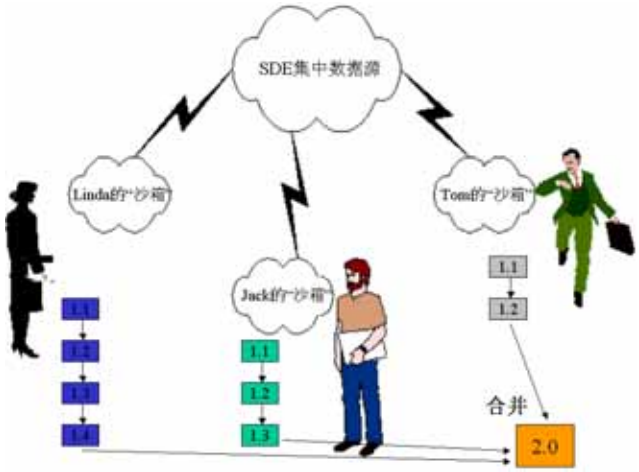
数据管理

- 数据“大集中”，统一规格、统一管理
- 数据集中备份，节约资源，保障安全
- 数据还原，可随时还原到故障前状态，备有双机热备机制
- 最大限度的发挥数据资源的价值，充分共享资源

安全机制

- 网络安全——VPN 建设
- 数据安全——专业隔离机房、数据分级
- 应用安全——单人单帐号、操作日志记录
- 权限分配——权限分级、可重新分配的灵活权限

版本管理

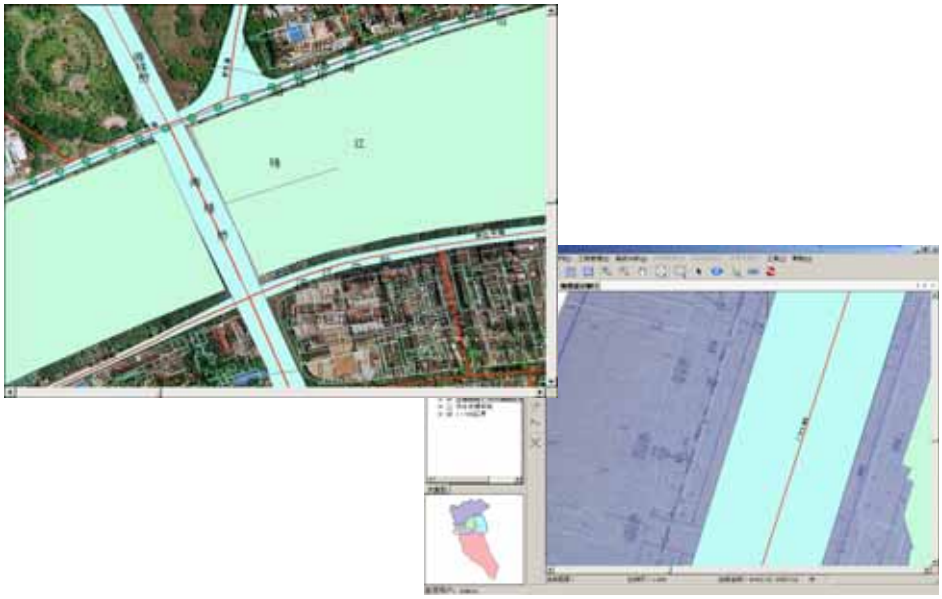


ArcSDE利用版本控制技术，巧妙的解决了
分布式环境下的并发修改问题

历史数据的不断整理、在建工程数据的不断交付、管网摸查成果的不断入库，都要求我们的系统知识多版本历史数据的存储和使用，而 ArcGIS 的多版本控制技术，很好的满足了我们的需求：

- 多数据版本存储
- 协调版本冲突
- 数据版本提交共享

卫星影像和扫描图纸的利用



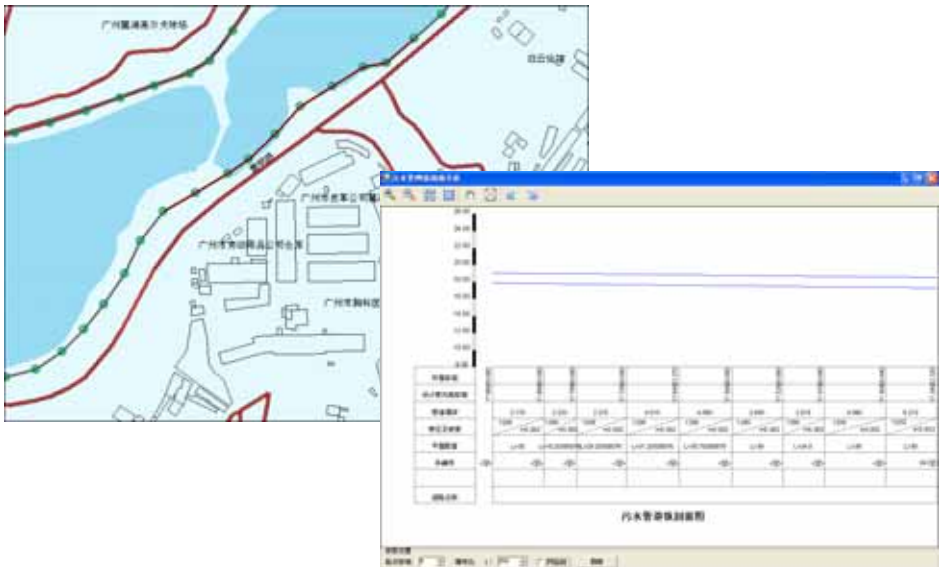
随着卫星技术的发展，高分辨率卫星影像的应用越来越普及化，市政园林局在“ 数字市政 ”建设工作中，也采购和应用了这项技术，并应用于排水行业中；另外，大量的纸制图纸，是排水专业宝贵的历史知识财富，必须加以很好的保护和利用：

管线平面、剖面图

平面出图

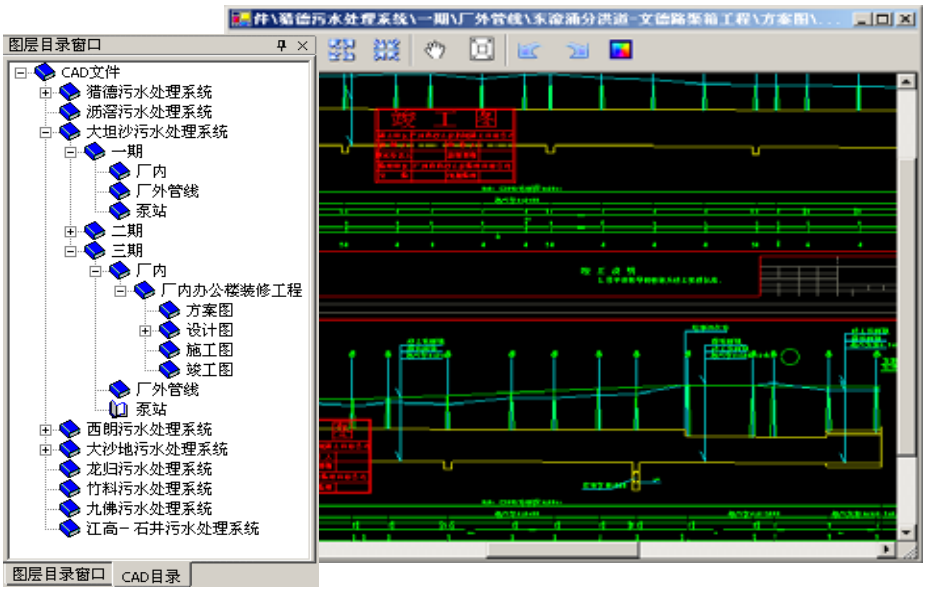


管线剖面



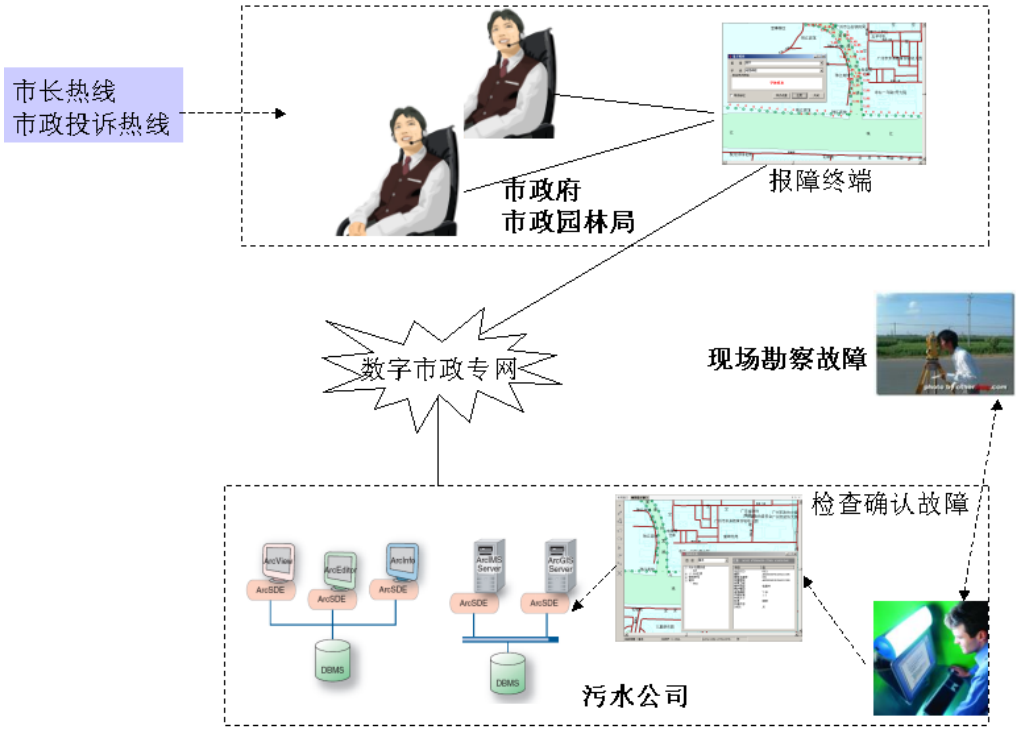
市政工程中，挖断管造成不良事故的现象时有发生，这主要是由于缺少准确的施工指导图纸。针对这一问题，我们设计开发了一系列的图纸输出工具：

AutoCAD 工程图纸管理



AutoCAD 数据，是工程、测绘领域最为常用的成果文件格式，这类文件在排水行业中也有相当的存在量，对于他们的利用，也对排水业务起着非常重要的指导和参考意义。

市民投诉快速响应系统



通过 GIS 系统的快速定位和相关属性信息的查询，快速及时的对排水行业的相关市民投诉进行处理，提高相应速度、增加报障数据来源。

6．总结

排水专业 GIS 系统建成后，将为广州市排水行业带来巨大的变化，从多方面改善排水行业的建设和管理状况：

- 社会效益——改善生存环境，提高生活质量，提高政府形象
- 环境效益——保持和逐步改善自然环境，保障城市可持续发展能力，促进和谐社会
- 经济效益——实现精细管理，大幅节约排水工程建设和运营养护投资
- 科研效益——为更具有科学研究价值的决策支持、知识挖掘提供良好的基础

ArcGIS在地下管线管理中的应用

论文集锦

城 市 供 水 篇

北京市自来水管网管理中 GIS 的建设与应用

吴举 周围 孔建波
（北京市自来水集团供水分公司）
高铁军
（沈阳金建数字城市软件有限公司）

摘 要 自来水管网是城市供水中的重要部分，由于城市供水管网的复杂性和隐藏性，给管网工作带来了很大的难度。北京市市区配水管网地理信息管理系统是为了提高供水管网管理能力而开发的，也是北京市自来水集团“数字供水”工程的重点项目。本文主要介绍该系统的建设与应用，包括系统背景、系统组成、系统特点、系统环境、系统功能、系统建议。

关键词 供水管网、GIS

1．系统建设背景

城市供水对市民的生活质量和生活水平起着决定性作用，它的发展状况也直接影响着城市经济发展和城市建设。因此，担负着输水配水的供水管网，在城市基础设施中也占有极其重要的位置。

北京是中国的首都，是政治、经济、文化中心，北京市的飞速发展对地下管网设施的管理提出了高标准的要求。建立供水管网地理信息系统，实现供水管网规划设计、输配管理、图档管理、抢修辅助决策及综合查询、统计等项工作的科学化、自动化，已迫在眉睫。北京市自来水集团有限责任公司已构建了企业信息平台，建立各种企业信息应用系统，《北京市市区配水管网地理信息管理系统》是其中的一个主要基础信息系统，其它信息系统需要《北京市市区配水管网地理信息管理系统》作为基础和依托，因此构建《北京市市区配水管网地理信息管理系统》对北京市自来水集团有限责任公司有着极其重要的意义，并且可以使北京市供水的生产管理水平提高到一个崭新的水平。

北京市自来水集团公司担负着保障首都的生活、生产用水的重要任务。自来水的输水配水网络中，有 DN15 到 DN2600 二十多种管径，钢管、球墨铸铁等六种管材，市区配水管线长度 6600 余公里，属多水源环形管网给水系统。管网上设有闸门 5.8 万多座，消火栓 2 万多座，完工档案 11 万余份，给水面积约 900 平方公里。为了对这庞大的供水管网进行高效、科学的管理，早在上世纪八十年代末，自来水集团就采用了先进的 GIS 技术，在 Macintosh 硬件平台、Mac OS7.0、4thDimension Server 网络版数据库等硬件、软件环境下，自行开发、建设了《北京市市区配水管网地理信息管理系统》，将供水管网资料进行有序的管理。但随着 GIS 技术的发展，该系统在开放性、扩展性等方面，出现了一些问题，无法与其他一些信息系统进行数据交换，成为了信息孤岛，影响系统的正常使用。自来水集团充分认识到信息化在城市供水行业中的重要作用，建立了“数字供水”工程，并于 2004 年开始对《北京市市区配水管网地理信息管理系统》进行升级、改造。该系统已于 2005 年 11 月验收通过，现已正式运行，在管网管理工作中发挥着重要的作用。

2、系统总体目标

《北京市市区配水管网地理信息管理系统》旨在建立一个以数字化的管网基础测绘资料为主要内容，以城市地下供水管网为对象，以完善的地理空间数据管理体系和数据服务体系为主要结构的信息系统。综合运用 GIS 技术、CAD 技术、数据库技术、网络技术、专题应用模型，实现对地下供水管网信息的采集、录入、处理、存储、查询、分析、显示、输出、信息更新并提供其它专题系统应用。从总体上讲，《北京市市区配水管网地理信息管理系统》要满足三方面的应用要求：

- 提高管网数据处理的科学化、自动化、信息化和高效率水平；
- 为城市管网规划、设计、建设和管理工作提供高质量的基本管网资料；
- 实现管网信息及用户信息的统一化管理、信息的发布与共享。

具体的目标有：

- 建立各种管网地理信息数据库；
- 实现管网主要业务自动化管理，实现管网数据的查询、统计、分析、辅助规划设计、应急处理、水力计算等；
- 快速输出符合标准或符合用户要求的各种地图；
- 实现面向社会公众的网上管网地理信息服务；
- 为北京市自来水集团供水分公司其它信息系统提供标准化的、权威的、多种比例尺的供水管网基础地理平台；
- 实现供水管网地理信息的实时更新等。

3、系统建设

3.1 系统的设计原则

北京市自来水集团《城市给水管网地理信息管理系统》结构复杂且数据量大。根据系统的具体特点并结合实际工作需求，确定系统的总体设计应遵循下列基本原则：

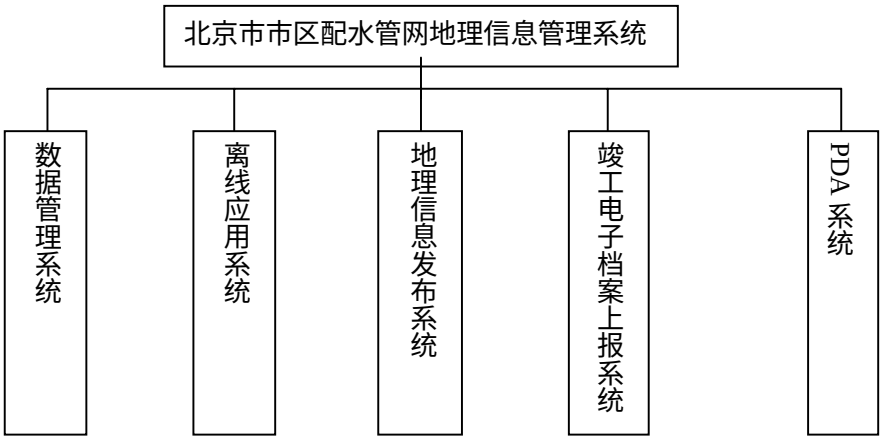
- 实用性：系统能够满足用户的应用需求，易于使用、管理及维护，使其成为可依托的有力工具；
- 先进性：先进性是未来实用性的保证，应尽可能采用先进的技术、方法、设备等，提高系统的技术水平；
- 安全与可靠：作为一个由多个行业、部门参与实施并应用的大规模、关键性信息系统应用，

安全可靠至关重要；

- 开放与共享：这是北京市自来水集团《城市给水管网地理信息管理系统》能够为公司其它信息系统、城市其它管网设施（给水、排水、电力、电信、工业等）系统服务的前提和保障；
- 经济并易于推广：系统的实现应在达到功能、性能指标的前提下，尽可能降低成本。同时，注重系统结构的完整和技术的标准化，易于进行大范围推广。

3.2 系统架构

系统共由数据管理系统、离线应用系统、地理信息发布系统、竣工档案电子上报系统、PDA 系统五个子系统组成。其中离线应用系统、PDA 系统为外业抢修使用的系统。数据管理系统、地理信息发布系统、竣工档案电子上报系统为局域网上使用的系统。



3.3 系统数据结构

供水管网的应用离不开基础地形图的支持，基础地形图不仅可以作为管网的背景图，而且还可以为管网剖面分析提供地形参考。因此在建立管网地理信息系统时，应建立基础地形图数据库，基础地形图数据库应含有地形图图形信息和属性信息。北京市自来水集团将从北京规划院直接购买 GIS 格式的基础地形图电子数据，GIS 格式的数据经转换进入地理空间数据库。

电子地图空间数据库主要包括矢量数据和栅格数据两种。

➢ 矢量数据

1) 基本地形图数据。包括：测量控制点、居民地、工矿建筑物、交通附属设施、道路、水系及附属设施、境界、地貌和土质、植被，共九大类要素，分为十四层；

2) 可由基本地形图信息提取的部分专题现状信息。包括：现状建筑信息、现状道路信息、现状用地信息等。专题现状信息应根据应用系统要求确定；

3)　　等级控制点数据。

➢ 影像数据

数字正射影像图是数字化测绘生产中的重要产品，具有直观、信息量丰富、可读性强和可判释性强等许多优点。随着数字摄影测量技术的发展，数字正射影像图的制作变得更加简单容易，数字正射影像图也愈加为城市许多部门所青睐。由于 GIS 技术的应用，数字正射影像图作为重要的基础信息，已在城市规划部门得到应用，并产生了良好的应用效果。

基础信息内容丰富、繁多、使用面广，如何将它们有机地进行组织，有效地进行存储、管理和检索应用，是一件十分重要的工作，它直接影响数据库及 GIS 系统应用效率。只有将它们按一定规律进行分类和编码，有序地入库，才能对它们分类存储、检索，以满足各种应用分析要求。

针对基础信息采集、处理的不同阶段和目的，分类编码方法将有一定区别，甚至不同，但是紧密相关。

基础地形图的核心数据包括如下：

- 城市规划区范围内的 1：500（1：1000）基础地形图地理数据库；
- 城市规划区范围内的 1：2000 彩色（或假彩色）数字正射影像（DEM、DOM）数据库；
- 城市地名数据库；
- 城市部分专题图库；
- 市规划区范围内的 1：10000 、1：250000 基础地形图地理数据库；

3.4 系统特点

（1）、建模机制：系统通过数据建模机制，定义数据规则，保证了数据录入的合法性检验，及管线、管点关系的合理性，（如不同管径的管线必须通过变径连接件方能自动连接）。

（2）、企业级应用：系统从设计、选型、开发上均采用企业级解决方案，因此系统可以管理和共享大、中、小城市的海量数据。

（3）、动态拓扑：系统通过网络关系模型，在动态编辑的同时，实现了动态拓扑的自动维护，不需要在编辑结束后，再重建拓扑关系。

（4）、强大的分析功能：系统在设计、开发上均十分重视分析功能的加强，因此系统提供了较为完备的各种管线实用分析工具。（剖面分析、预警分析、垂距分析等）

（5）、爆管分析功能：在多水源的环状管网中，通过追踪分析，系统自动找出必需关闭的阀门，可以不关闭的阀门（下游阀门），确定影响用户，打印停水通知单。爆管分析时间小于 8 秒。

（6）、灵活的报表与制图输出功能。

（7）、内外业一体化工作流程。竣工电子档案到数据管理，离线应用到 PDA 使用构成了由外业到内业，由内业到外业一体化的工作流程。

3.5 系统环境

（1）外业使用系统（离线系统、PDA 系统）

硬件：IBM 笔记本 P4　迅驰 1.8　　内存 512M 以上

软件：操作平台：Windows 2000

地理信息系统平台：ArcView9 .X

PDA：HP iPAQ hx4700 系列，4 英寸 TFT VGA 显示屏（64K 色），624 MHz Intel PXA270 处理器，Secure Digital 扩展插槽，64MB RAM，128MB ROM 并扩充到 2GB。

（2）局域网上使用系统（数据管理系统、竣工电子档案上报系统、发布系统）

硬件： 客户端：微机 P4 2.4GHz　内存 1G 以上

服务器：X3.06/533/ 380 G4×1/ 2GB (数据库服务器和发布服务器各一台)

软件：　客户端：操作平台：Windows2000

地理信息系统平台：ArcInfo9.X，MapObject2.X

服务器： 操作平台：Windows 2000 Advance Server

空间数据库引擎：ArcSDE9.X

数据库管理系统： Oracle9i

3.6 系统功能

3.6.1 数据管理系统功能

数据管理系统是以 1：500 管网图为基础，它面向管网日常管理，主要分为文件管理、查询统计、管网分析、数据管理、地图打印及帮助等模块。各模块功能说明如下：

- 文件管理：实现对文件的一般性操作，包括打开工作空间，保存当前工作空间及退出的功能。
- 查询统计：按点号查询、按地址查询、按修建年代查询、按材质查询、按接口查询、按管径查询管线、组合查询、空间查询、SQL 查询、固定格式报表。
- 选择集：系统的查询结果可以临时保存，保存的结果称为选择集，形成选择集后用户可以随时查看上次的查询结果内容。选择集可以闪烁、可以单一对象的图形定位、可以动态报表输

出、可以简单的分类统计、可以临时保存查询结果。用户可以设置可选图层、定位或清空选择集。

- 管网编辑：单对象属性编辑、多对象属性编辑、新增管点、新增管线、穿点连线、修改管点、修改管线、管线打断、删除管线、删除管点、移动点到线上、合并管线、量距建点、量距移点、交点分割管线、更新起止点号
- 浏览工具：提供对当前地图进行浏览的一些工具，包括地图的放大、缩小、移动、鹰眼、平移、放大镜功能，方便用户对地图的定位。
- 管网规划：规划管理、规划管径范围设置、规划造价估算、管段造价维护、
- 系统分析：横剖面分析、纵剖面分析、垂距分析、垂直净距分析、预警参数设置、预警分析、爆管分析
- 数据转换：ArcInfo→MapInfo、MapInfo→ArcInfo、ArcInfo→AutoCAD、AutoCAD→ ArcInfo
- GPS 数据的导入：对于 GPS 直接采集的管点图形数据（MIF 格式或 DXF 格式），可以直接导入到系统临时数据库中，当用户完成相应的属性录入之后，可以导入到系统中，或导出 MIF 格式或 DXF 格式。
- 地图打印：标准图幅打印、沿路打印、当前窗口打印。
- 常用工具：专题图制作、标注参数设置、自动标注、扯旗标注、绘制栓点图、输出栓点图、数据字典维护、道路编码维护用户管理、打印设置
- 窗口：系统总图、图形定位、书签管理
- 帮助功能：系统提供在线帮助功能，用户可以利用索引方式或搜索方式快速定位指定帮助内容。

3.6.2 离线应用系统功能

离线应用系统是基于 ArcView 的应用系统，它的功能是数据管理系统的子集，为了方便用户的使用，二者操作方法完全相同。离线应用系统的主要功能有：文件管理、查询统计、查询结果报表、查询结果、地图打印、和窗口浏览等功能、爆管分析、绘制栓点图、输出栓点卡等功能。

- 文件管理：打开、保存、打印、屏幕输出
- 查询统计：按点号查询管点、按地址查询、按修建年代查询、按材质查询管线、按接口方式查询管线、按管径查询、组合查询、SQL 查询、空间查询、固定格式报表
- 查询结果：浏览查询结果、设置可选图层、清空查询结果、定位查询结果、查询结果报表

- 地图打印：沿道路打印、当前窗口打印
- 系统分析：爆管分析、绘制栓点图、输出栓点图、预警系统
- 窗口：系统总图、放大镜窗口、按图幅号调图、按图形调图、增加书签、书签管理

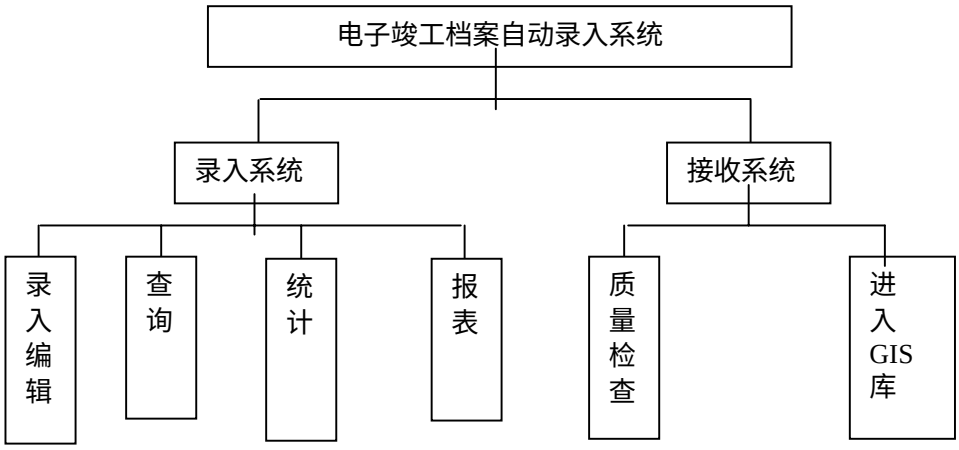
3.6.3 发布系统功能

为了保证系统数据的安全，供水管网地理信息采用互连网技术，在局域网上管网信息发布，用户可以网上查询、统计、制图、报表等工作。系统的主要功能有：

- 图层控制：显示设置，影像加载，道路定位。
- 查询统计： 按点号查询、按图号查询、按地址查询、按材质查询、 按管径查询 按接口方式查询、 按敷设年代查询、 SQL 查询、 查询结果报表。
- 统计：快速查询统计。
- 报表：报表设置、 快速报表。
- 地图打印： 打印当前窗口、 打印标准图幅。
- 系统工具：专题地图，预警分析，属性编辑，信息反馈，工具条。

3.6.4 竣工电子档案上报系统功能

“竣工电子档案上报系统”分为录入和接收两大部分。录入部分主要用于竣工图的制作单位将竣工档案的工程数据、测量数据录入到“竣工电子档案自动录入系统”。接收部分主要用于自来水集团数据更新人员对上报的电子档案的质量检查，根据不同情况作出接受或拒收的决定。



竣工电子档案上报系统的主要功能有：

- 用户登录：合法用户的登录

- 录入系统：管点管线信息的可视化录入
- 系统查询统计：管点、管线信息的查询，录入信息的统计
- 数据上报：按工程编号将录入信息导出，形成上报盘。
- 数据接收：上报盘的内容导入临时库
- 质量检查：对上报的内容进行质量检查，确定是否合法，合法后可以进入成果库
- 数据字典管理：对材质、管径、符号进行配置
- 数据转出：将成果库中的数据导出成 Shape 文件，为管网 GIS 库准备数据源
- 导出数据字典：接收系统导出数据字典，供录入系统使用
- 导入数据字典：接收系统导入录入系统的数据字典，用于完善接收系统的数据字典

3.6.5PDA 系统功能

为了方便现场抢修人员快速查找到阀门位置，将阀门卡片电子化后，存储到手持 PDA 中。爆管关阀方案在笔记本离线系统中形成后，可以同步到 PDA 中，PDA 系统根据爆管方案中需关闭的阀门编号，自动显示阀门卡片，提高现场抢修关阀的效率。该系统由两大功能模块组成，分别为管网查询、系统设置两部分；其中管网查询部分为本系统核心功能，实现基本的管网查询功能；系统设置部分为辅助功能，实现对系统运行环境的配置。

- 打开阀门卡片：可以手动或者从列表选择管网卡片，并将卡片图像显示。
- 图形操作工具：电子卡片的放大、缩小、平移、自由缩放等功能。
- 打开爆管关阀方案：从离线系统导出的爆管关阀方案可以直接由本系统打开，并将相关卡片编号显示在列表中，如果相关的管网卡片已经存储在 PDA 上，则可以直接打开该卡片；如果相关的管网卡片没有存储在 PDA 上，则可以通过该系统自动从服务器上下载。
- 系统设置：自定义系统的相关运行参数，包括管网卡片存放位置、爆管关阀方案存储位置、管网卡片图片格式等。

4、系统应用

《北京市市区配水管网地理信息管理系统》升级改造项目已于 2005 年 11 月验收通过，现已正式运行，在管网管理工作中发挥着重要的作用。

- **建立了配水管网地理数据库**

我集团公司已于上世纪九十年代初期在苹果微机上建立《市区配水管网地理信息管理系统》，经十多年的不懈努力和不断积累，已经将覆盖北京市区的全部管网竣工档案资料存储在基于文件的数据库中，此次升级、改造导出了原系统中的全部管网数据，并将原系统的两套用于不同目的管网图进行合并，建立了统一的管网地理数据库，保护了早期投资和珍贵的信息资源，提高了数据一致性和工作效率，从而尽早地实现数据交换、数据共享能力。

- **实现管网数据的动态管理**

利用该系统的增加、修改、删除等管网数据编辑以及多种方式的图形输出功能，完成了新增管网竣工资料 665 份、新增管线长度 480 公里、闸门 7038 座、消火栓 3201 座、水表 8134 座、输出 A2 幅面管网图纸 36 张；通过新系统的使用证明，基本功能符合要求。

- **提高了管网紧急事故的快速响应能力**

使用离线系统的爆管分析功能，遇管网突发事故时，在现场制定抢修关闸方案；在与 PDA 管网附属设施查询系统或 GPS 闸门井卫星定位系统连接后，准确定位闸门，从而为抢修现场的工作人员提供第一手详实可靠的图文资料，加快抢修速度，减小影响范围，使水量损失降低到最小程度。经测试：

第一抢修关闸方案生成时间不大于 8 秒；

扩闸方案生成时间不大于 20 秒。

- **应用电子竣工档案管理实现管网地理数据自动入库**

使用竣工档案自动录入系统，将生成的电子竣工档案自动入库。可节省管网编辑人员和档案录入人员的录入工作，缩短了竣工档案的入库时间。

- **建立供水 WebGIS 网站，实现管网数据资源共享**

通过 Intranet 企业网提供供水管网信息，使众多科室人员足不出户便可查询到所需要的管网信息，实现了数据资源共享，大大提高了工作效率。

- **为“数字北京”提供基础信息**

根据北京市政府的要求，新系统已与北京市地下管线抢险指挥部连网。

- **系统操作界面友好**

系统采用微软风格的界面，提供丰富的工具条、状态条、快捷菜单、快捷键，对于用户的任何操作（包括错误操作），系统都能给出提示信息。对于需要多步操作的功能使用向导方式来完成。

5、系统建议

《北京市市区配水管网地理信息管理系统》的建设工作虽然已经完成，但系统的使用和维护是一个长期的过程，为了保证该系统的正常运行，提出以下建议：

- 管网数据是系统的灵魂，建立一套系统数据动态更新的管理机制是系统运行的重要保证。
- 建立系统运行机构及相关的规章制度。
- 系统还需要投入一定的人力和物力，完善供水管理地理数据库的图形数据和属性数据。
- 地形图数据需要定期（两年左右）更新。

6、结束语

北京市自来水集团《市区配水管网地理信息管理系统》的开发建设对首都北京城市的发展建设，特别是带动整个行业的科学化、自动化、标准化管理具有深远的意义和难以衡量的价值。系统的建设完成具有非常重要的意义：

（1）为北京供水各个部门提供最基础的供水管网空间信息平台，为 2008 年奥运会期间的安全、优质供水奠定坚实的基础；

（2）解决管网地理信息数据更新不快，各部门单兵作战，业务信息沟通困难，缺少宏观调控等问题；

（3）通过供水地理信息资源库及共享环境，实现各类信息系统中地理信息处理量化、可视化及资源共享，提高供水管网建设、管理及服务部门的管理水平和科学决策能力。

参考文献：

1、《可视化面向对象建模技术》　　刘超 张莉 1999．7　北京航空航天大学出版社

2、《UML with Rational Rose 从入门到精通》　邱仲潘等 译　 2000.3　 电子工业出版社

3、北京市自来水集团《城市给水管网地理信息管理系统》(WPGIS)系统设备采购和服务（编号：京水 GIS 2004-001）招 标 书 北京市自来水集团有限责任公司　　2004、4

4、北京市自来水集团《城市给水管网地理信息管理系统》(WPGIS)技术投标书 沈阳金建数字城市软件有限公司　2004、4

5、《北京市市区配水管网地理信息管理系统设计方案》沈阳金建数字城市软件有限公司　　2004、7

长沙自来水公司供水企业管网管理信息系统

湖南华博科技开发有限公司

城市供水是城市发展的命脉产业，是保障人民生活、发展生产建设必不可少的物质基础。由于水的不可替代性，供水问题往往成为一个城市发展的根本性制约因素，城市自来水供应作为现代化城市的重要基础设施，对各行各业的发展都起着举足轻重的作用，同时也是对外开放的重要的硬投资环境之一，对整个城市的发展有着至关重要的意义。

近年来，伴随城市的迅速发展，传统的供水管网的管理模式已远远不能满足城市供水管网的现代化管理要求。基于网络技术的普及和资源共享的需要，人们已经意识到利用计算机和 GIS 管理城市供水管网的重要性，相应提出了建立“面向企业的供水管网动态管理系统”的迫切需求，以实现供水行业的规范化、自动化和现代化管理。我们通过长期研究和实践，逐步开发出一套“面向企业的城市供水管网管理系统”。

供水管网 GIS 是建立在计算机网络系统上的，以全面、准确、实时动态的供水管网现势图为基础的，能够处理以供水管网为核心的空间信息及其相关信息的一个综合信息系统，对供水行业的规划、设计、调度、抢修和图籍资料的档案管理提供强有力的科学决策依据，实现供水企业的管理、分析、决策的全计算机操作过程。通过本系统的开发与应用，使管理者逐步建立起一个完善的企业信息管理系统，使管理人员及时准确地掌握公司的各方面动态信息，提高企业工作效率和管理水平。整个系统将实现如下目标：

1) 为城市供水所有涉及管网信息的部门提供专业的业务流服务；

2) 针对管网图籍资料、城市供水的设备、设施进行管理；

3) 能够快速提供准确的抢修、施工方案和决策支持；

4) 查询统计各种供水管网信息，提供标准的规划、设计图纸；

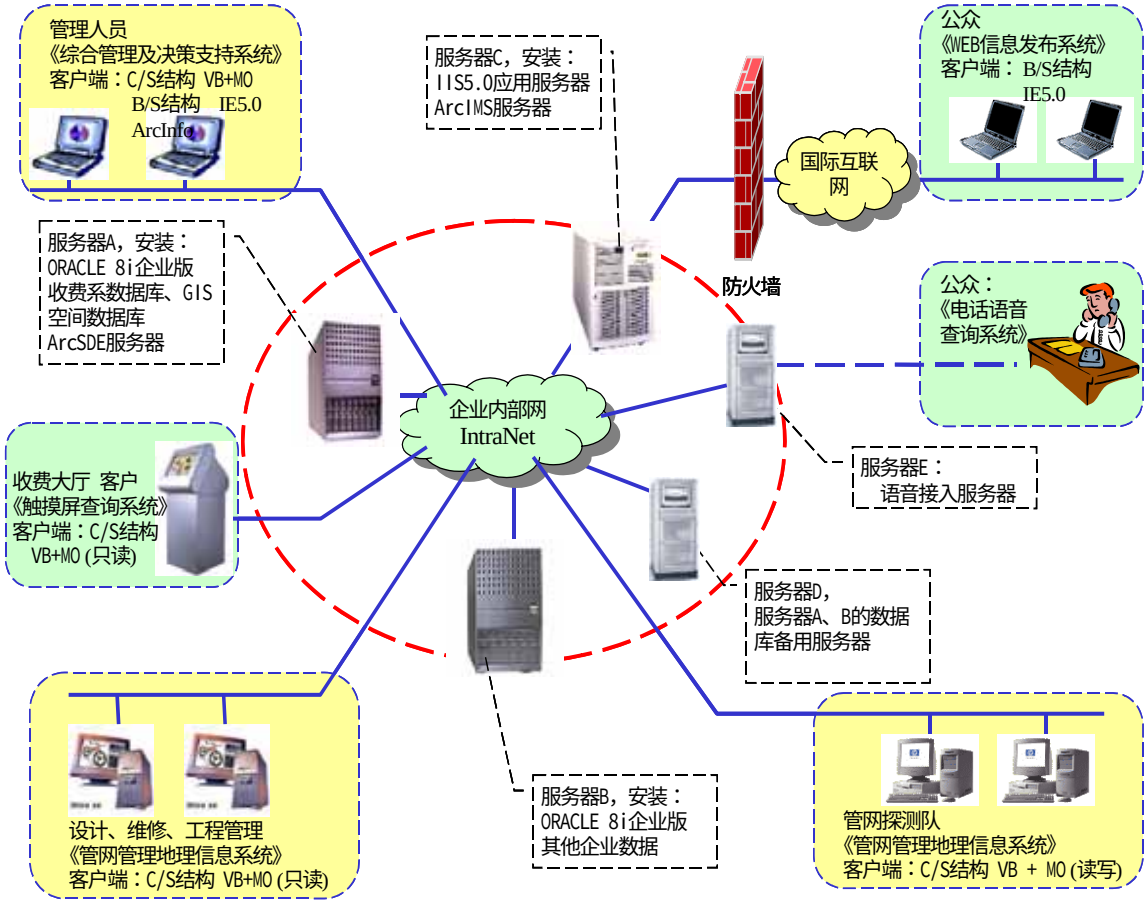
5) 实时有效的管网动态监测分析，为供水调度决策提供支持；

6) 进行管网设备运行状况分析，对管网规划、设计和现势管网作出适当的评估；

7) 对管网工程进行综合管理；

8) 网上统计和发布各种供水信息。

该系统的总体应用如下图所示：



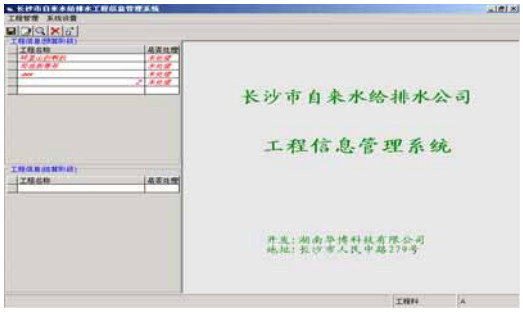
管网数据管理包括图形数据和属性数据的录入，图形编辑、图幅管理、数据输出、坐标量算、符号管理、数据的格式转换等。

设备设施管理，主要包括资产管理和维修管理。

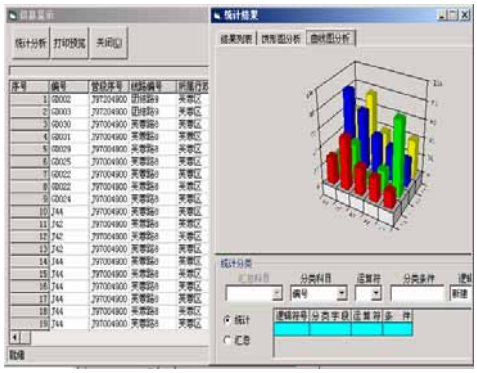
管网辅助设计，根据相应信息，确定最优管网设计方案。



工作流管理，对管网维修管理、工程管理过程中的审批、会签等业务流程动态配置、监控管理。

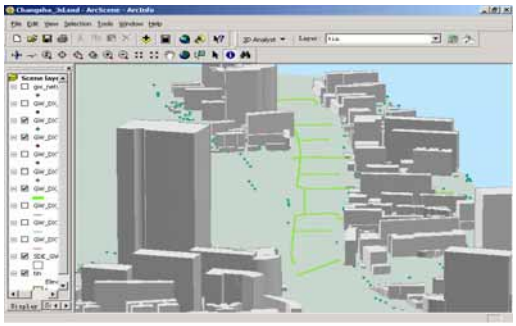


管网工程管理，主要包括用户增容流程、施工进度管理，质量管理，财务管理。



查询统计，按各种条件进行管网设备信息（如阀门、消防栓）的图文互查，统计输出和分析管理。

管网分析，包括碰撞分析、纵横剖面绘制、爆管分析、关阀分析、水力计算、三维分析。其中水力计算是建立在管网优化的基础上，利用计算机接收的 SCADA 系统的遥测数据及其他辅助数据，按一定的数学模型，计算出各节点管段的压力、流量、流速、方向、水头损失等。



外部接口，主要是与 SCADA 远程数据采集系统、营销管理系统等的接口，以实时获取管网的运行参数及影像、多媒体信息等。

历史资料管理，在管网改造维修时能自动形成管网的历史纪录，以便将来查询使用。





网上发布可以通过浏览器，查看动态的管网信息，也可向公众发布相关信息。

系统管理，主要包括设置和修改系统运行的环境变量、设置和修改模块权限及用户权限、联机帮助三部分。

系统运行环境

《供水管网管理系统 2.0》网络版的安装和使用均可参照以下配置：

2　服务器端配置：

硬　件　配　置		
名称	**最低配置**	**建议配置**
CPU	P3　700M及以上	P4　1.2G
内存	128M以上	256M以上
硬盘	8G以上的自由空间	20G的自由空间
数据冗余	RAID5或镜像	
显示器	真彩显卡	
鼠标器	各种类型的鼠标	
网卡	100M以太网卡	
MODEM	56K　MODEM　(选配)	
软　件　配　置		
操作系统	WindowsNT4.0中文版+SP5，Windows2000 Server中文版 + SP2，UNIX	
GIS平台	ArcGIS8.2	
网络环境	TCP/IP	
数据库软件	ORACLE8i，SQL Server 7、Sybase ASE11.9　企业版、ArcSDE8.2	

3　客户端端配置：

硬　件　配　置		
名称	**最低配置**	**建议配置**
CPU	PII　200M及以上	P3　700G
内存	128M以上	256M以上
硬盘	2G以上的自由空间	4G的自由空间
显示器	真彩显卡	

鼠标器	各种类型的鼠标
网卡	100M以太网卡
MODEM	56K　MODEM　(选配)
软　件　配　置	
操作系统	Windows 2000中文版，Windows Xp中文版
网络环境	TCP/IP
数据库	ORACLE8i，SQL Server 7、Sybase ASE11.9客户端软件

上海市自来水管网综合管理 GIS 系统的设计与建设

上海市自来水市北有限公司 江敏
上海杰狮信息技术有限公司 徐浩

摘要：本文介绍了上海市自来水市北有限公司管网综合管理GIS系统的概况和开发应用体会。对自来水行业的GIS系统设计与建设中的一些普遍性问题做了讨论，提出了便携GPS设备和手持GIS系统在户外工作领域的应用新思路。

关键词：管网综合管理GIS系统、GIS系统、GPS、手持GIS/GPS系统

一、系统概况

上海市自来水市北有限公司是集制水供水、营业销售、排管施工、管线养护、给水净水仪表设备制造于一体的综合性特大型供水企业，承担着为上海市浦西区域苏州河以北的杨浦、虹口、宝山、闸北、普陀五个区和嘉定区部分地区共305平方公里范围的供水重任，目前市北公司供水区域内总供水规模为298万立方米/日，拥有75毫米口径以上地下供水输配管线总长度逾3000公里，供应服务人口约400万，客户水表数130余万只，年供水量约8亿立方米。

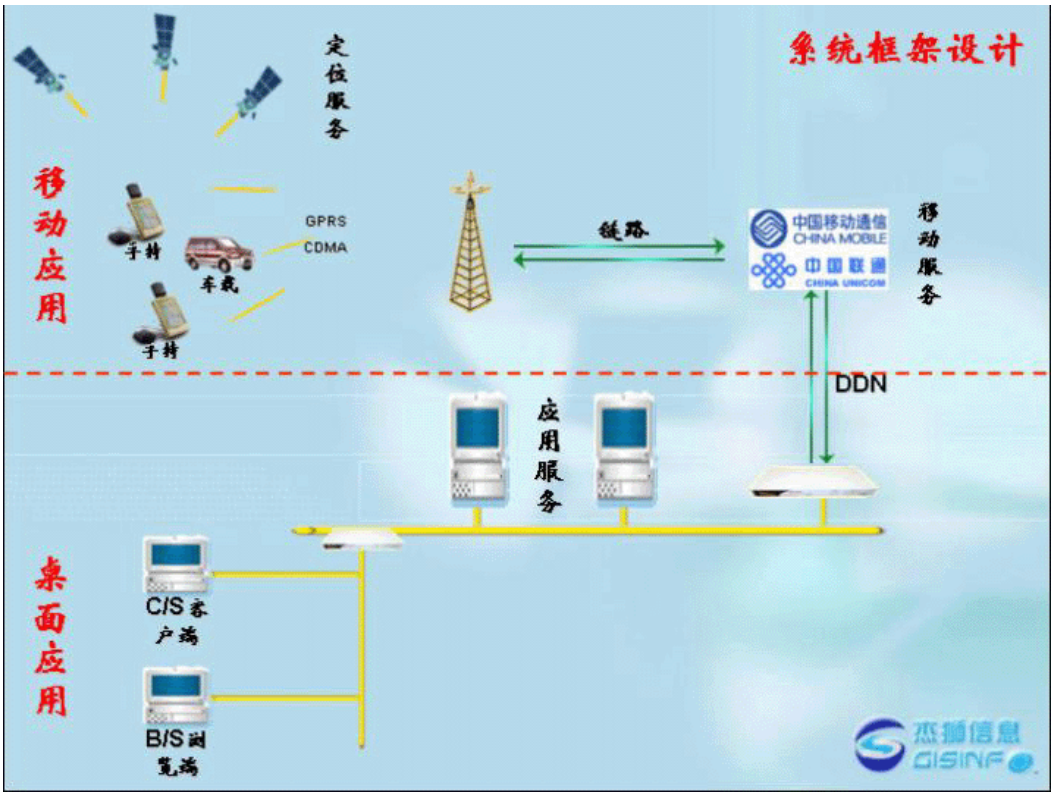
为了适应上海国际化大都市的要求，市北公司把确保安全供水和提高产品质量、工程质量和对外服务质量作为中心工作来抓，确立了“水质以国际水平为准，供应以城市需求为准，服务以客户满意为准”的服务质量目标，企业整体素质不断提高。

自2004年初开始，上海市自来水市北有限公司与上海杰狮信息技术有限公司合作，运用ESRI公司的ArcSDE、ArcGIS Engine、MapObjects、ArcPad和ArcIMS等ArcGIS软件，开始进行上海市北自来水管网综合管理GIS系统的设计与开发工作，对所辖区域内的管网和设施进行了图形与台帐的录入工作，并在数据共享和系统集成的指导思想下，建立了GIS系统与管网水力模型系统、SCADA系统、PERMALOG供水管网漏水监测系统、用户数据库系统的数据接口，为生产工作提供了GIS空间分析、设备设施管理、客户服务等功能，应用涵盖了包括工程、运行、维护、客户服务等多个部门，初步形成了一套适合自来水管网管理的GIS应用系统。

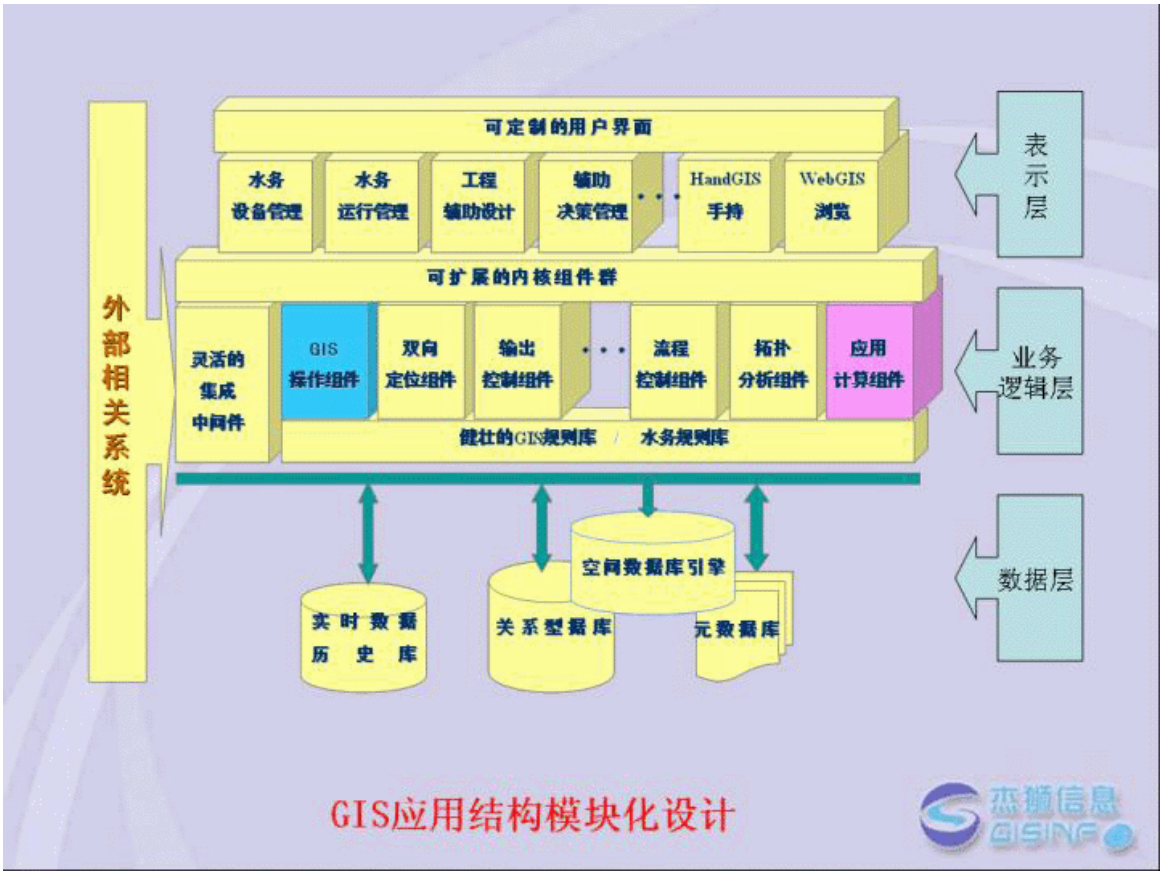
二、系统框架设计

在系统的总体结构设计上，我们发现，如果运用传统的客户机/服务器（C/S）模式、浏览器/服务器（B/S）模式可以有助于分解事务，提高服务器和客户端的处理速度，也可以保证数据的安全性、共享性；但同时我们也注意到，在供水行业的生产运行工作中，户外工作相当频繁，而在户外工作中又涉及到大量的设备信息与图纸文档信息的查询与统计；户外工作的同时，也不可避免地产生大量的更

新数据。这些都是在以往的C/S、B/S体系框架下所无法满足的，因此，我们在此次的系统总体框架设计上引入了Mobile/Server（M/S）的概念，建立了全新的C/S、B/S、M/S相混合的系统框架。M/S是Mobile/Server的简称，是传统的C/S、B/S应用体系的延伸，它结合GIS、GPS和GPRS/CDMA前沿技术，把GIS的应用由有线向无线延伸，由室内向户外延伸，由桌面向掌上延伸，将GIS的信息服务带到了工作的现场，在为管理决策者服务的同时直接为具体的生产实践服务。



在C/S、B/S、M/S相结合的框架结构上，我们又对系统的内部功能进行了模块化设计，确保在系统各功能模块开发完成后，完全可以依据生产管理的流程选择不同的模块或组件进行组合，通过设置模块的功能和模块之间的关系满足不同的管理需求。这样有助于提高软件的可靠性、可继承性、可维护性和可扩充性，真正在系统的建设方面贯彻“整体规划，分布实施”的原则，使得系统按照系统工程的特点分期、分批逐步建设和完善。



三、系统主要应用功能

根据上海市自来水市北有限公司的业务需求，结合系统的C/S、B/S、M/S的一体化框架设计，我们将管网综合管理GIS系统划分为以下几个应用领域：

1、建立在 C/S 模式下的 GIS 桌面应用系统

该模式下的GIS应用系统主要服务于上海市自来水市北有限公司各级业务部门以及下属的供水管理所等基层业务单位，以具有强大的数据编辑、设备设施管理、管网网络分析和辅助决策等功能为特点。它采用了Windows 2000操作系统及ArcGIS Engine、MapObjects软件包，通过内部局域网络访问集中存储于ArcSDE数据库中的各级数据，支持多用户的图形编辑和大数量用户的并发访问，在生产工作中辅助各级工作人员完成对管线数据、设备设施数据、业务运行数据等信息的录入、存储、查询、统计，并在此基础上提供一系列的基于网络拓扑分析的高级应用分析功能。具体包括：GIS基础功能模块、设备业务信息管理、供停水模拟分析功能、接水阀供水范围分析功能、监视表的水量校核功能、最优关阀方案辅助生成及图形化模拟分析功能、桩位影响分析功能、断水通知单管理功能、道路横断面分析功能、用户数据处理和查询功能、SCADA实时信息处理功能、与PERMALOG供水管网漏水监测系统的数据接口和辅助分析功能 、Wallingford水工业智能模拟软件的数据交换和辅助分析功能等。

2、建立在 M/S 模式下的手持 GIS/GPS 户外应用系统

在上海市自来水市北有限公司的生产过程中，户外工作相当频繁，而在户外工作中又涉及到大量的设备信息与图纸文档信息的查询与统计，同时户外工作中也不可避免地产生大量的更新数据。建立在M/S模式下的手持GIS/GPS户外应用系统正是针对户外的工作现场，将室内的信息系统进行延伸，为现场工作人员提供强大的现场应用服务。

我们利用ESRI公司ArcPad软件并结合先进的GPRS无线数据传输技术，为现场工作人员提供图形浏览、设备信息查询、业务信息管理、现场辅助测量、GPS辅助定位、现场数据采集、阀门操作单电子化流转管理、GPS实时监控等丰富功能。

在为户外工作提供强大的数据支持同时，手持GIS/GPS应用系统也为室内的工程管理人员提供着强大的现场指挥和现场工作调度功能。一方面他们可以对现场的移动终端进行实时监控，了解他们的实时位置和行动轨迹，查询当前工作状态，另一方面还可以方便地进行点对点的信息传输，动态发布工作指令，确保对现场的及时、有效的工作管理。

3、建立在 B/S 模式下的 WebGIS 应用系统

该系统主要服务于上海市自来水市北有限公司各级管理人员和业务查询人员，使他们在不安装应用系统客户端的情况下，也可以通过WEB浏览器，实现对管网数据的图形浏览、设备资料查询统计、业务资料查询等功能，极大地方便了他们的工作。

四、开发和应用的一些体会

1、需要在管理上和技术上双重保证 GIS 系统数据的动态管理

强大的数据支持是一个成功的GIS应用系统不可或缺的重要因素，全面、及时、准确的业务数据是系统建设的“血液”。在系统建设之初，我们就把建立一个有效的数据维护流程机制放在一个重要的位置，在管理上和技术上对它进行“双保险”。

在管理上，上海市自来水市北有限公司在项目启动的同时，就组成了项目领导小组，配备了熟悉现场、熟悉业务的工作人员负责图形数据的校对与编辑，并且相继制定了一系列图纸管理规定和考核办法，在工作流程和制度上来控制、保证GIS数据的准确性和时效性。

在技术上，一方面通过专门的探测队伍，配备探测仪、全站仪、GPS等探测仪器，对试点区域进行地下管线的全面排摸，调查和绘制最新的现场管网图形数据，保证数据来源是最新的和准确的。系统有针对性地建立了对外业探测数据自动转换处理功能，GIS系统可以直接对这些数据进行无缝转换，并存储到ArcSDE中。

另一方面，对于勘测区域以外的大量阀门、水表等设备，如果没有进行过勘测，而且附近市政设

施变化又比较大的区域，现场工作人员很难用以往的设计图纸做参照物来标示这些设备，此时，工作人员在工作的现场便可以利用手持GIS/GPS系统，直接借助便携式GPS仪采集设备位置，利用掌上电脑编辑和维护相关管网和设备的资料，确保了系统数据的动态更新。把以往户外工作现场这块“信息孤岛”与室内的完整信息系统进行了有机地连接，荒岛不荒，孤岛不孤。

另外，对上海市自来水市北有限公司原来已经拥有和使用中的工程图纸，系统采用图纸扫描的方法，建立一个工程图纸影像资料库，图形编辑人员可以借助工程图纸影像资料为背景来进行管网数据的维护与编辑。系统采用图形的无缝拼接技术，确保编辑过程的高效和灵活。

2、必须考虑与其他外部系统建立全面的数据集成

作为一个动态的管网综合信息系统，与其他相关业务系统的集成也是关键。系统在建设的初期，我们便考虑到与上海市自来水市北有限公司目前已经投运和正在实施的用户数据库系统、SCADA实时数据采集系统、PERMALOG供水管网漏水监测系统、Wallingford水工业智能模拟软件系统的数据接口，在基础数据和业务数据上实现最大限度的结合。

良好的数据接口和数据集成将有助于各个信息系统发挥所长，提高用户整体应用水平。例如我们在与Wallingford水工业智能模拟软件系统的接口处理过程中，就确定由GIS系统直接按照双方的数据接口生成它所需要的网络拓扑结构，并整理出相应的基础台帐数据，供模型的高级计算分析使用，而模型的计算结果又通过数据接口传递回GIS系统，利用GIS系统良好的用户界面进行展示，并对GIS的高级辅助分析功能进行数据支撑。

3、注重对户外工作现场的 GIS 应用支持

像自来水公司这种户外工作相当频繁的用户，必须在GIS的应用系统建设过程中充分考虑对户外工作现场的GIS应用支持，只有这样，才能使系统成为一个真正实用的系统，真正为实际工作服务。基于ESRI的ArcGIS基础上建立M/S体系的GIS应用，可以有效解决在户外现场的工作需求以及现场指挥对GIS的需求，有助于提高现场数据采集速度、提高应急反应的处理效率。

例如在以往的工作中对爆管抢修决策方面，往往是由经验丰富的工作人员在事故现场进行爆管分析，定位速度慢，准确性低，不能及时把现场准确位置发给指挥中心，也不能及时查询相关设备的台帐信息。如果遇到某些阀门出现故障，需要扩大停水区域时，很难快速进行关阀方案的再次制定。而开始使用手持GIS/GPS系统后，位于室内的指挥人员可以实时了解现场工作人员的方位、行动轨迹和目前的工作任务，合理安排抢修人员在最短的时间内抵达事故现场。而抢修人员在到达现场后就可以利用GPS进行准确定位并借助GPRS无线数据传输进行现场数据的上传和周边设备资料的调阅。服务中心利用上传的数据进行快速、准确地最优关阀方案分析，显示受影响的用户，得出最佳操作方案，然后无线传输到抢修现场的终端设备，大大加快了公司对爆管事故的反应速度，缩短了修复时间，减少了对用户的影响，降低了水量损失，从而取得显著的经济和社会效益。

空间分析技术在天津供水管网 GIS 中的应用

（杰亚信息技术(福州)有限公司　福州　350001）

摘　要：本文论述了如何使用 ArcGIS 的空间分析技术快速、准确地建立基于 CAD 管网数据的供水管网地理信息系统。它为天津水司从现有基于 CAD 的管网数据向管网 GIS 数据分层和建库越迁提供了准确，快速和经济的技术手段。目前，基于这项技术开发完成的管网 GIS 系统已经在天津市自来水集团管网分公司进入了使用阶段。

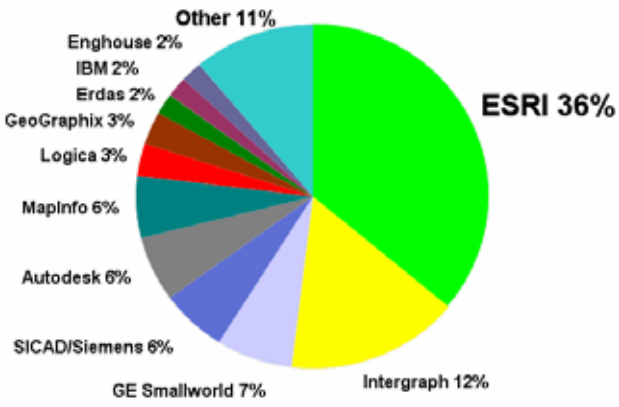
关键字：ArcGIS、CAD、空间分析、供水管网、GIS 自动建库

一、天津自来水集团 WaterView 供水管网 GIS 特点

WaterView 是杰亚信息技术有限公司针对城市供水管网特点采用 ArcGIS 空间分析技术二次研发的管网 GIS 信息系统。本系统的一个显著特点是针对目前部分水司采用基于 CAD 技术的管网数据管理方式，利用 GIS 空间分析的强大技术开发了从 CAD 数据模式向 GIS 数据分层和建库改造升级的专用模块。实现了管网及其附属设施的自动分层及建库，如按指定分层类别自动生成三通点，转折点，变径点等特殊设施层。

本系统采用 ESRI 公司企业级 GIS 解决方案，面向城市供水管网 GIS 平台。软件设计与实现采用面向对象的方法，以软件对象（类）和逻辑相关的软件对象构成的应用组件（Component）为基础进行开发，利用系统分析与设计过程构造的 UML 类图和类图基础上构造的 UML 部件视图（Component View）进行编程和组织。在具体实现上，按业务职能和机构组成划分应用子系统。子系统实际上是应用类与部件的逻辑组合，各子系统通过共享类与部件实现数据的共享。

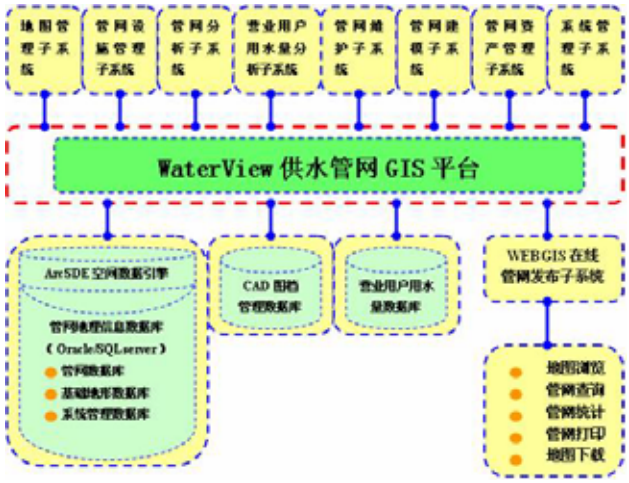
作为全世界 GIS 的拓荒者和当今 GIS 技术的领导者，ESRI 在 GIS 领域已有三十多年的历史，专门从事 GIS 软件的研究与应用开发。其 GIS 软件系列始终保持着全球第一的市场占有率。其 GIS 专业产品软件包，包含从低端到高端一系列产品，主要面向企业和部门级的用户。悠久的历史和强大的产品家族使得其在 GIS 领域具有举足轻重的地位，许多先进的设计思想和概念被其它产品借鉴和采纳。据美国 Daratech Inc.公司最新市场调查数据表明，全球 GIS 软件市场中，ESRI 公司仍以绝对的优势独占鳌头，如图一所示。



图一 全球 GIS 软件市场占有率

1.1 系统架构

系统的功能和业务可以分为地图管理子系统、管网设施管理子系统（查询、统计系统）、管网分析子系统、管网维护子系统、系统管理子系统和 WEBGIS 管网图发布子系统等。这种划分并不一定最优，但由于采用组件式开发和元数据、规则库技术。系统中子系统的功能与结构的调整只是一个重新组装或定义的过程。因此，系统具有较大的灵活性。



图二 WaterView GIS 平台系统功能结构

系统采用 C/S 与 B/S 混合结构。B/S 主要用于面向普通用户基于地图的查询与统计，用户在网页浏览器上通过简单的鼠标操作，就可以查询到管网中的相关信息。C/S 主要用于高级用户对管网的编辑、修改等数据维护，同时还具有比 B/S 方式更高级的浏览、查询、统计、分析等功能。这种体系结构的优点是降低了 GIS 平台的成本和系统使用难度，如图二所示。

1.2 系统网络架构

由于支撑管网软件系统的网络硬件环境是用于存储和传输地形图和供水输配管网设施的空间数据和属性数据，因此造成了数据及其庞大。为了能有效地管理和共享这些海量数据，硬件设备必须采用高性能的网络交换设备和服务器，并有良好的可扩展性。为了保障数据，系统网络硬件结构图如图三示：



图三 WaterView GIS 平台系统网络硬件结构

二、空间分析技术在供水管网 GIS 中的应用

2.1 什么是空间分析

地理信息系统集成了多学科的最新技术，如关系数据库管理、高效图形算法、插值、区划和网络分析，为空间分析提供了强大的工具，使得过去复杂困难的高级空间分析任务变得简单易行。空间分析已成为地理信息系统的核心功能之一，它特有的对地理信息（特别是隐含信息）的提取、表现和传输功能，是地理信息系统区别于一般信息系统的主要功能特征。空间分析是对分析空间数据有关技术的统称。根据作用的数据性质不同，可以分为：

- 基于空间图形数据的分析运算
- 基于非空间属性的数据运算
- 空间和非空间数据的联合运算。

空间分析赖以进行的基础是地理空间数据库，其运用的手段包括各种几何的逻辑运算、数理统计分析，代数运算等数学手段，最终的目的是解决人们所涉及到地理空间的实际问题，提取和传输地理空间信息，特别是隐含信息，以辅助决策。

地理环境下的空间分析操作主要包括如下内容：

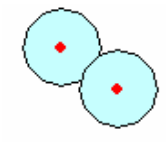
(1) 叠加分析(OverLay)

叠加分析是 GIS 中最常用的提取空间隐含信息的手段之一，叠加分析是将有关主题图层进行叠加产生新的数据层的操作，其结果综合了原来两层或多层要素所具有的属性。叠加分析不仅包含对象的空间关系的比较，还包含属性关系的比较。它在自然资源管理、资源评价与预测、景观制图、生态评价、环境评价、国土规划、土地评价等领域有着广泛的应用。它通过多个图层的合并方法，形成新的图层信息，为分类、评价和规划任务提供了方便。

(2) 缓冲区分析(Buffer)

缓冲区分析（buffer）是根据指定的距离在点、线和多边形实体周围自动建立一定宽度的区域范围的分析方法。例如，在环境治理时，常在污染的河流周围划出一定宽度的范围表示受到污染的区域；又如在飞机场，常根据健康需要在周围划分出一定范围的区域作为非居住区等。

根据缓冲对象的几何形态又可划分为点、线和多边形实体的缓冲区分析。用户除了可以为单个选中实体建立缓冲区分析外，还可以选择所有选中实体进行缓冲区分析。这种情况提供两种分析，一种是为每个实体分别建立各自的缓冲区，另一种是将选中所有实体作为一个整体来为它建立缓冲区。如图四所示：



点对象缓冲分析——举例：可以为选择对象分别创建缓冲区域。比如，对两个广播发射站分别创建缓冲区，可以分析这两个发射站发射的信号能覆盖的居民区范围，以及都能覆盖的区域范围。



线对象缓冲分析——举例：可以为多个选择对象创建一个缓冲区域。比如，某相邻的两条街道需要扩建 20 米，对它们创建一个缓冲区，结合综合查询可以分析到街道拓宽之后街道两旁需要拆迁的楼房。



面对象缓冲分析——举例：可以为选择对象创建多重缓冲区。比如，对我国某一沙漠进行的 20 公里和 50 公里的多重缓冲区分析，可以分析该沙漠的风沙扩展分布状况，从而为防沙、治沙提供了参考。

图四 对象缓冲分析

(3) 网络分析(Network)

网络分析在对地理网络(如交通网络)、城市基础设施网络(电力线、电话线、给排水管线、城域网及局域网等)进行地理分析和模型化等领域有着广泛的应用。路径是由一组线状要素相互连接所构成，路径的端点和两条以上路径的交点称为站点，在网络分析中，路径分析是 GIS 空间分析中最基本的功能。

2.2 基于 CAD 管网数据自动实现 GIS 数据分层及建库

目前，许多自来水公司仍在使用 AutoCAD 系统来管理管网数据。但是 AutoCAD 本身是一个图形数据编辑系统，并不是真正意义上的信息管理系统，无法满足水司对管网信息管理的需求。要建立供水管网信息管理系统，就必须将原有 CAD 格式的数据转换为 GIS 格式的数据。

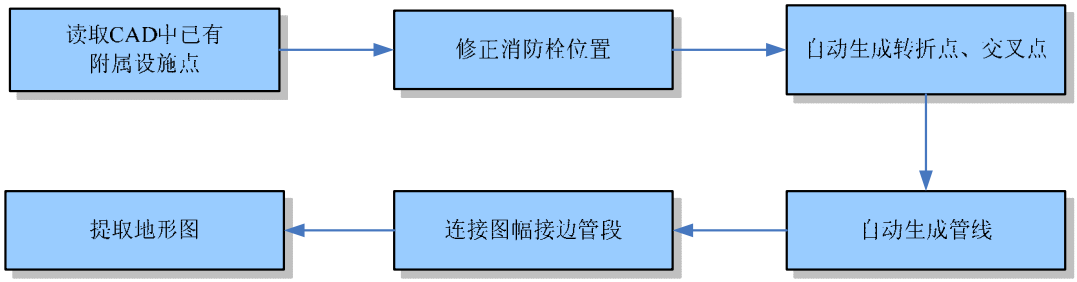
一般，从 CAD 数据到 GIS 数据的转换，需通过人工方式重新数字化，将 CAD 图形数据按 GIS 数据要求分类分层，对供水管网中大量的管线和附属设施属性数据通过人工方式录入到 GIS 系统平台中，如此不但费时费力，且无法保证人工数字化的数据精度和准确性，也无法充分利用原有 CAD 数据。

为了最大限度利用原有的 CAD 格式数据，WaterView GIS 专门开发了基于 CAD 管网数据自动实现 GIS 管网分类的数字化功能模块。该模块能够自动提取 CAD 中的管线层和附属设施，同时根据管网拓扑关系自动生成满足 GIS 数据分类要求的 GIS 管线及附属设置图层。该模块可显著提高和简化由 CAD 管网数据升级到管网 GIS 平台的转化效率和数据转化的准确性。

要实现 CAD 数据到 GIS 数据的自动转换，需要解决如下几个问题：

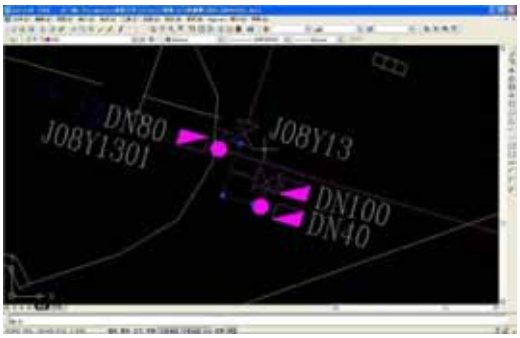
- 尽可能提取 CAD 中现有的管网数据信息（如附属设施，管线等）；
- 尽可能发掘和提取 CAD 中未绘制的实际管网数据信息；
- 实现 GIS 格式要求的管网拓扑；
- 对 CAD 错误数据的自动修正。

以下是以天津市供水管网 GIS 系统为例的 WaterView 自动数字化模块简明实现流程图，如图五：

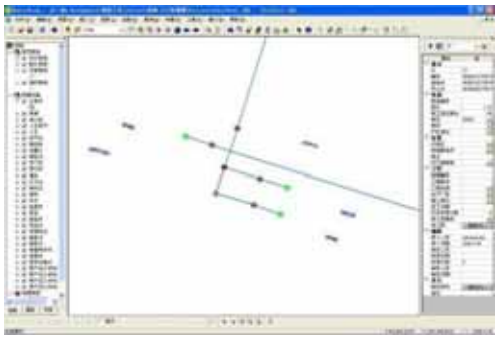


图五 WaterView 自动数字化模块简明实现流程图

1) 读取 CAD 文件中已经绘制的附属设施点。首先读取 CAD 文件，从文件中提取所有点实体的记录，读取点的 X，Y 坐标，根据不同实体的名称确定附属设施类型，将该附属设施写入对应的设施图层中。如点实体中有记录该附属设施的扩展信息（如水表注册号等），则程序可同时读取该扩展信息并写入数据库中。



图六 供水管网 CAD 原图



图七 转换后的 GIS 管网图

2) 修正消防栓位置。由于在天津市供水管网 CAD 数据中，消防栓块实体插入的位置并非消防栓的实际位置。所以由上一步得出的消防栓位置也并非是其实际的位置，这就需要通过程序对其位置进行修正。根据 CAD 中消防栓块插入位置与消防栓实际位置的空间关系，通过几何运算，求出其实际位置的正确坐标，在 GIS 数据文件中修改该消防栓点的位置。

3) 在 CAD 文件中，已经绘制了供水管网中大部分类型的附属设施（如：水表、消防栓、阀门、变径点等），但是并没有绘制管网中转折点、交叉点（三通、四通）等附属设施，这部分数据需要在 CAD 数据到 GIS 数据的转换过程中补上。在供水管网系统中，一般意义上，供水管线有出现转弯的地方即为转折点，两根或多根管线相交的地方即为交叉点。根据供水管线间的这些空间关系，我们可以借助强大的空间分析功能，确定供水管网中转折点、交叉点的位置，并将其写入 GIS 图层文件及数据库。

4) 转折点、交叉点的数量占了整个管网附属设施的相当部分。实现转折点、交叉点的自动生成，避免了人工补录所需花费的大量时间。如此，整个供水管网的附属设施都基本实现了全部自动提取。

5) 在 CAD 数据数字化时，由于没有制定明确严格的上图规范，往往会出现如两管线相交处出现出头或欠头的情况，或在实际中连续的一根管段，在图中绘制成为两根管段相连接。这些在上图时出现的数据偏差都给自动提取管段增加了难度。而 WaterView 利用 GIS 空间分析技术可很好地解决这些问题。程序只读取 CAD 中所有供水管网管线，而剔除其他线（如地形图中的线）的干扰，提供足够的容差处理出头或欠头的情况，同时根据管段的空间位置，管段与附属设施的空间关系，及“一根管段连接两个不同的附属设施，不同的附属设施有管段连接”的原则，即供水管网 GIS 的拓扑关系，判断确定管段的位置及其起点和终点位置。同时，程序读取 CAD 中管线的管径，并依据管径写入按管径区分的不同 GIS 管段图层中。

6) 由于整个天津市供水管网绘制在 8000 多幅的 CAD 图中，所以会有部分管段分布在不同图幅的接边边界上，在 CAD 图中这些接边管段是断开的，但是实际上这些管段都是连接在一起。在导入 CAD 图时，就应该把这些接边管段都自动连接上。在 WaterView 中，在转换某图幅的 CAD 数据时，程序会自动搜索该图幅接边管段的相邻图幅区域，如果发现相邻区域内也同样存在接边管段，则通过空间分析功能，判断相邻两图幅的两根接边管段是否属于同一根管段，如果是，则将两管段合并为一根管段。从而实现不同图幅接边管段的自动连接。

7) 地形图的提取。在 CAD 管段数据中，往往都包含有地形图。WaterView 支持同时选择多个 CAD 文件进行地形图提取的批量操作。WaterView 会按图层类型（如点、线、面）分层提取 CAD 中的地形图，将不同 CAD 文件中同一类型同一图层的数据合并保存为一个文件输出。如此可减少文件数量，方便数据管理。



图八 供水管网 CAD 原图



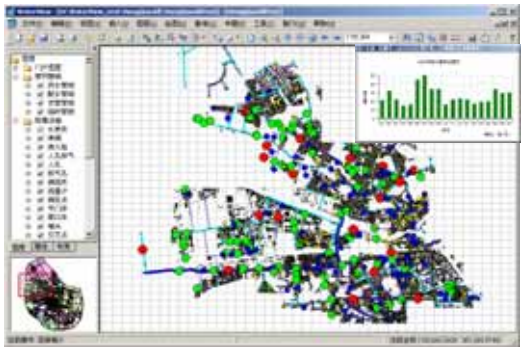
图九 转换后的 GIS 管网图

图六－图九表示通过 WaterView 的 CAD 数据自动转换模块，可以提取供水管网 CAD 文件中的附属设施，同时根据 CAD 数据信息自动生成原文件中没有绘制的转折点、交叉点，自动提取管段并建立正确管网拓扑，自动修正 CAD 文件中消防栓数据的位置错误，自动实现图幅接边，自动提取地形图。经过天津市供水管网 GIS 系统的实践证明，使用 WaterView 的 CAD 数据自动转换模块，可节省 90%人工数字化工作，显著减少人工数字化时间，同时保证了数据的准确性。

三、WaterView 供水管网 GIS 专题应用功能简介

3.1 供用水数据的时空分析和展示

宝贵的供用水数据能在 GIS 平台上得到最有效的展示和分析。如对供水区间内用户和主用水户分布的了解；不同季节用户用水量的变化及分布的掌握；异常数据记录的分析等。还可应用于区间计量，即利用 GIS 强大的空间分析功能进行月（或日）区间供用水产销差分析。



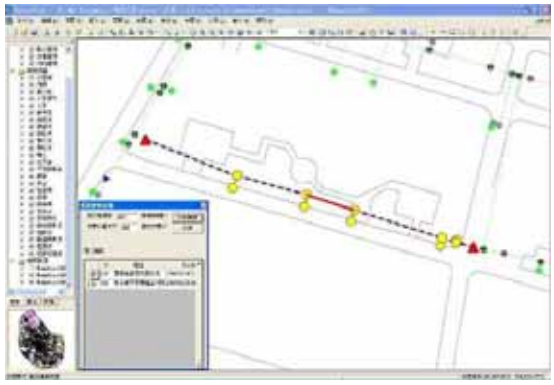
（A） 供用水数据的空间分布展示



（B） 供用水数据异常统计分析

3.2 管网设计、施工、维护管理

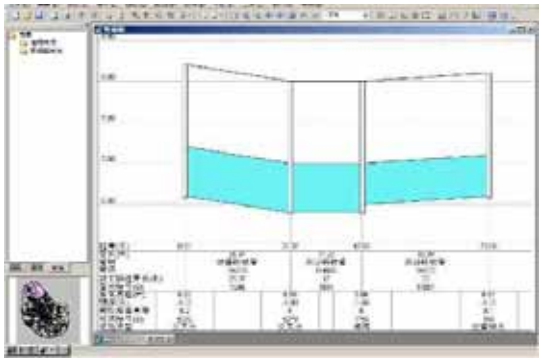
发挥管网 GIS 集图形与属性数据于一体的优势，为管网翻新改造、日常维护提供完整、可靠的数据。如只要选择管线和输出图框，即可制作满足设计和施工要求的管网平面及纵断面图。



事故处理-关阀方案

3.3 事故处理子系统

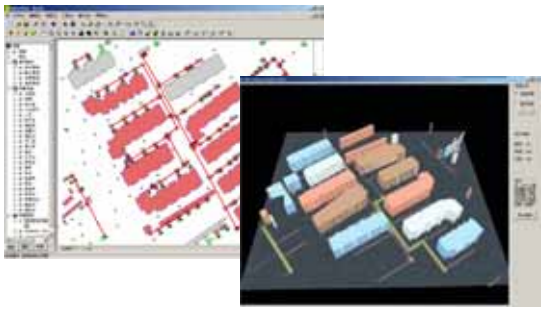
这里所说的事故是指管网中突发的爆管等事故。使用上只要用户指定爆管处，系统就能够提供合理的关阀处理方案以便及时排除故障。具有功能包括：关阀搜索及扩大关阀搜索。当指定爆管处时，它会选择最优关阀方案，列出需关阀门和显示停水用户信息；如果当现场发现其中某些阀门损坏或失灵时，则能扩大搜索范围，继续寻找需关哪些阀门。



管网设计、施工、维护管理

3.4 三维分析展示

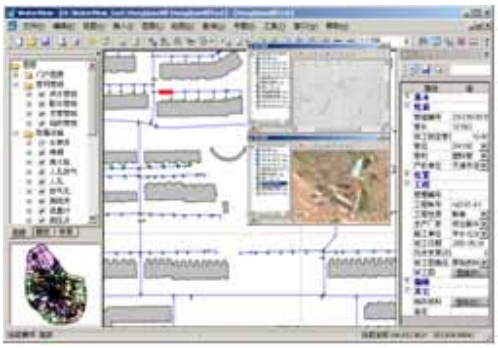
一般的管网 GIS 系统只能对二维平面信息进行展示，无法根据管网高程和埋深信息构造三维管网图。WaterView 平台能充分利用地理底图信息和管网空间数据，构筑三维空间视图，方便快捷地展示地面建筑物信息、管段相互位置及地下管网分布。并可辅助现场维修、检漏人员提前明确施工现场状况。



三维分析展示

3.5 多媒体资料管理

实现基于管网 GIS 平台对供水管网各种信息的收集、整理、储存、统计分析等。如针对阀门井数据管理，提供与对象相关的检测记录、设备记录及现场设备影像记录等。可在数据库中存储管线及附属设施的竣工图查询调用。



多媒体资料管理

四、总结与建议

ArcGIS 作为全球性的 GIS 系统软件，以其强大的数据建库管理与空间分析应用功能，以及方便的客户应用开发功能，为越来越多的用户所采用。其组件化的开发方式，与传统的开发方式相比，可以降低开发难度，提高开发效率，增强系统的灵活性和开放性。

WaterView 供水管网 GIS 平台是杰亚信息技术有限公司针对目前我国供水管网系统的运行及管理现状自主研发的软件产品。它具有功能实用、运行稳定、信息现势性好、技术先进等特点，而且它的设计目标是提供一个让用户可以根据实际需要而自行拼装的 GIS 平台。

与一般的软件开发商不同，我们首先是从事水工业工程的工程师，具有丰富的海内外水资源工程经验。其次，我们非常了解当前供水管网系统所面临的各种问题和世界各国在解决这些问题时的做法和技术，并了解国内水工业对采取这一新技术的迫切性和重要性。因此，解决问题是我们的终极服务。我们能提供的产品和服务包括：

- WaterView 供水管网 GIS 信息系统软件；
- 基于 CAD 管网数据的管网 GIS 建库；
- 供水管网信息系统的定制和实施。

除此，杰亚信息技术有限公司作为全国少数几家专业从事水资源 IT 技术应用的公司，已经完成了 WaterView 的姐妹产品 WaterNet 管网建模软件的开发和著作权登记。WaterNet 是基于管网 GIS 数据对供水管网中的水力、水质参数进行仿真模拟的计算机程序。WaterView GIS 平台上的管网数据可以直接导入到 WaterNet 生成管网模型数据，做到无缝连接。

参考文献：

[1]. 毋河海，地图数据库系统，北京：测绘出版社，1991

[2]. 唐中实，黄俊峰，尹平等译. 地理信息系统（上卷）——原理与技术. 电子工业出版社，2004

[3]. 边馥苓. GIS 地理信息系统原理和方法. 北京：测绘出版社，1996

[4]. 毛峰，沈小华，艾丽双. ArcGIS8 开发与实践[M]. 科学出版社，2002

[5]. 宋关福，钟耳顺. 组件式地理信息系统研究与开发[J]. 中国图像图形学报，1998，(4):313-317

[6]. 赵万锋，刘南，刘仁义等. 基于 ArcObjects 的系统开发技术剖析. 计算机应用研究，2004，(3):130-132

[7]. 张正祥，张洪岩. ArcObjects 组件在地理信息系统二次开发中的应用. 遥感信息，2004，(2):46-49

[8]. 廖凌松，黄杏元. 基于 ArcInfo 的开放式组件 GIS 的开发探讨. 计算机应用研究，2002，(2):82-88

[9]. 卢振千，黄杏元. 基于 COM 和 ArcInfo 8 的系统开发及应用研究. 科技通报，2002，18(1):31-37

[10]. 邬伦，刘瑜.地理信息系统---原理、方法和应用.科学出版社，2002

[11]. ESRI 公司系列产品介绍，北京富融科技有限公司，2001

[12]. http://www.esri.com, http://www.esrichina-bj.cn

北京城市地下水 GIS 管理信息系统

赵汀[1]、刘红[2]、何建平[2]、徐影[5]、宋森[3]、张琪[4]、赵海云[4]

(中国地质科学院)[1]
（北京城市节约用水办公室）[2]
(北京城市节约用水办公室地下水管理部)[3]
(北京城市节约用水办公室综合计划管理部)[4]
(北京联合大学)[5]

摘要: 北京市是一个水资源缺乏的城市，有很大的一部分生活工业用水来自地下水。长期以来北京市的地下水设施、管线、用水计费等管理软件都存在分散、老化和缺乏空间信息的问题，如何应用先进的信息技术提高地下水管理水平，是我们的市政管理部门所关心的一个问题。将GIS技术引入城市节水管理信息系统，可以将所有地下水管理信息用空间数据的格式保存、显示和操作，满足管理部门的日常管理工作需要，本文就北京城市地下水GIS管理信息系统的构成、系统的功能与实现和系统的应用作了详细说明。

关键字: ArcObjects、GIS、地下水、水资源、节水、管理信息系统

一、引言

水资源紧缺已经成为制约我国经济社会可持续发展的重要因素。特别是近年来的连续干旱，多数城市供水告急，节水问题不再是小问题。节水并非限制、压缩用水，节约用水是要提高用水效率，加强用水的管理。北京市城市地下水GIS管理信息系统就是为了达到这样的管理目标而设计开发的。

北京市城市地下水管理信息系统是采用GIS(geographic information system，简称GIS)和GPS（卫星全球定位系统）技术，开发建设GIS管理系统，以实现可视化的资料管理、水文地质信息空间分析、多种空间属性数据统计分析等功能，同时建立一套完整的北京市水文地质数据库，为今后研究一套北京市地下水环境评价系统打下基础，为量水而行、量水发展提供决策依据。

二、系统架构

GIS是计算机科学、地理学、测量学、地图学等多门学科综合的技术。GIS技术在国防、城市规划、交通运输、环境监测和保护等与国民经济乃至国家命脉相关的重要领域的成功应用，极大地推动了社会生产力的发展。

ArcObjects技术是基于COM协议。可以使用内置VBA脚本语言进行开发或采用支持COM编程的开发工具如VB，VC＋＋或Delphi进行定制。我们现在绝大部分时候要做的就是要利用ESRI提供的这些ArcObjects组件来进行应用开发。

将ArcObjects地理信息管理系统嵌入到新编制的计算机管理信息系统当中，结合三维立体数据显示管理模式增强管理信息系统的可视性，地理信息系统从管理上应从单位信息和表井信息两方面着手，点面结合，形成层次鲜明的地理信息管理系统。该系统应能够显示某单位或某表井的所有属性信息，如水质信息、水量信息、单位基础信息、表井基础信息等等。与多层图形数据相结合，利用地理信息系统强大的图形显示功能，将数据信息与图形信息迭代关联，显示出某区域、某单位、某表井的综合

信息，如所在规划市区位置、地下水水质情况、北京市地下水水系情况，点面结合形成良好的可视化图形界面，为领导决策提供全方位的决策支持。目前，北京城市节约用水办公室地下水管理部负责管理水井2000余口，其管理工作量大，地下地质情况复杂，采用现代化信息管理技术已是当务之急。根据当前工作需求，采用GIS和GPS（卫星全球定位系统），开发建设北京城市地下水GIS管理系统，以实现可视化的资料管理、水文地质信息空间分析、多种空间属性数据统计分析等功能，同时建立一套完整的北京市水文地质数据库，为今后研究一套北京市地下水环境评价系统打下基础，为量水而行量水发展提供决策依据。为此，结合办公室的实际工作需要应将编制地理信息系统分为两步走，第一步应以完善地下水管理部地理信息决策系统为主，围绕该部室的日常管理结合图形管理系统的特点，形成地下水管理图形决策系统。第二步应将办公室所有单位、表井信息综合考虑，将地理信息系统融入到日常的管理工作当中形成数据与图形相互转换、相互结合的管理信息系统。该系统应包括的管理功能：查询功能，统计分析功能，数据维护功能，分类汇总功能等等。

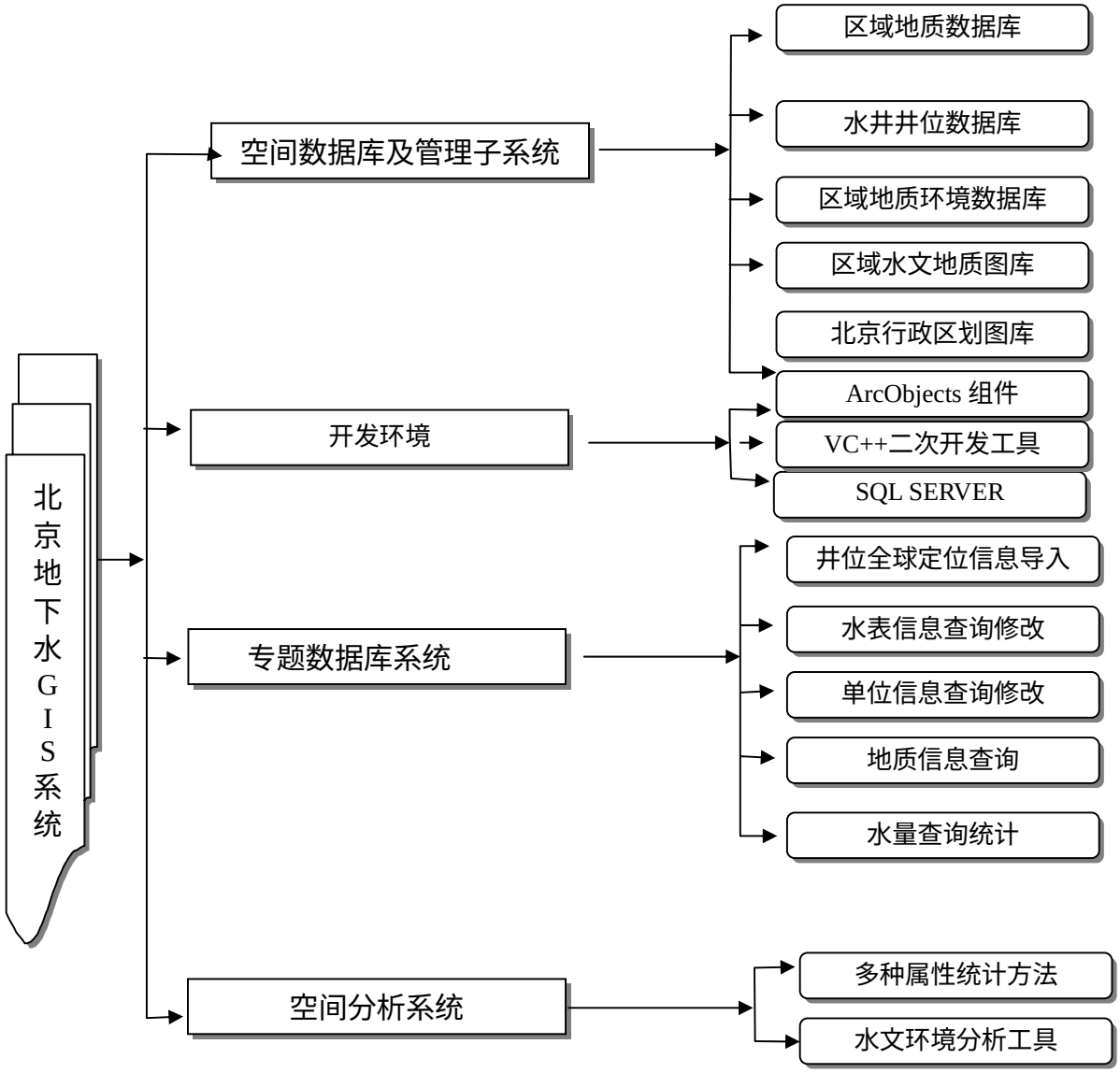


图 1 北京城市地下水 GIS 管理信息系统架构

三、系统各功能模块简介

软件编制	工作内容
空间数据库及管理子系统	● **客户机/服务器结构：**使用空间数据库引擎在标准关系数据库环境中实现了客户机/服　务器结构，支持超大型关系数据库管理空间和属性数据，支持分布式多级服务器网络体系结构。 ● **动态外挂数据库的联接：**可实现一图对多库、多图对一库应用要求。 ● **开放式系统标准：**支持多种网络协议。 ● **完善的安全机制：**保证用户对数据库的访问权限，在单个图元记录及空间范围层面上支持共享和独占的锁定机制。
专题数据库系统	● **井位全球定位信息导入：**根据GPS定位的经纬度，在GIS系统中精确定位，每个新井都要经过定位得到其在系统中的定位，精度在10米以内。 ● **水表信息：**辅助办理装表、迁表、拆表、换表等水表相关业务。 ● **单位信息：**单位信息变更，增户、删户。 ● **地质信息：**地层信息、岩性分析、构造信息。 ● **水量查询：**水井水量查询、单位水量查询。
空间分析系统	● **水文环境分析工具：**通过空间叠加分析得到井位所处水文地质环境数据。 ● **空间叠加分析**：提供区对区、线对区、点对区、区对点、点对线叠加分析等，支持高效率大数据量分析。 ● **属性分析与统计**：有单属性累计、累计频率和分类统计及双属性累 计、累计频率统计和四则运算等操作，统计结果可生成直方图、饼图、折线图和立体图。 ● **多种查询统计分析方法**：可进行图示点、范围和区域检索以及条件检索
图件数字化及资料制作	● 1:5000北京地理图件的数字化 ● 1:5000北京行政区划图件的数字化 ● 1:5000区域地质环境图件数字化 ● 1:10000北京水文地质图件的数字化

表1 北京城市地下水GIS管理信息系统

四、小结

北京城市地下水GIS管理信息系统是为城市水资源管理决策者提供的包括管户、水井、水表、水量等所有信息的可视化管理平台，为工作人员提供了的方便的操作界面，对城市地下水资源的合理利用具有重要的意义。

沈阳市供水管网地理信息系统简介

沈阳金建数字城市软件有限公司　尚剑红　高铁军

沈阳市给水勘察设计研究院　徐世斌

摘要：本文详细介绍了沈阳市供水管网地理信息系统的建立背景，系统建立阶段、系统环境、系统功能、系统特点以及系统的开发经验。

关键词：沈阳市；供水管网；地理信息系统

一、前言

随着沈阳市用水用户和管网规模的不断扩大，手工的管理模式和管理手段已无法满足“合理规划、科学管理、安全用水、优质服务”的要求。对于突发事故的应变能力和处理效率难以适应城市建设高速发展的需求。沈阳市自来水总公司与各个分公司等下属的各级单位需要一种更为方便、及时的方式，来管理自来水总公司宝贵的地下资源——地下管网，要求科学管理管网资源及相关的管网信息，实现整个供水系统的协调与统一。公司的各种综合信息，如营业报表、工程报表、交费、维修维护信息等也需要以管网信息为依据，做到科学化管理。为了适应各种实际需求，需要采用当今先进的计算机网络、通信技术、地理信息技术，建立供水管网地理信息系统，实现供水管网规划设计、输配管理、图档管理、抢修辅助决策及综合查询、统计等功能，各管网相关部门，可以实现在各自部门同时查阅、更新管网信息，提高管网信息利用的效率，进而实现办公自动化。

该系统的建立，将进一步加强城市供水的生产、输配调度工作，使城市供水的生产管理水平提高到一个新的水平，为企业的标准化认证打下坚实的技术基础。

二、系统背景

沈阳市现有地下供水管线 2000 多公里，1：500 管线图近 3000 幅，1：5000 图 60 余幅，另外还有以 1：500 图为单位建立的阀门、消火栓、排泥阀、排气阀、测流点、测压点等大量数据档案。通过调查研究发现，管线图、数据档案中均存在着不同程度的缺陷，如：管点编号在 70 年代之前各行政区采用的是流水号，在 70 年代之后采用的是年代加上流水号，点号重复问题比较严重。另外存在着管线图上无编号或与管点档案对照不上的现象，各种三通点、四通点、变质点、变径点都没有编号。管点档案缺项的问题也比较严重，如：有的管点无地表高程、埋深或地址等问题。由于历史的原因，供水管线的管理一直处于被动、落后的状况，已远远不能适应城市快速发展的需求。为了彻底改变供水管网的落后状况，满足城市发展对管线管理科学化、自动化管理的要求，增强企业在市场上的竞争优势。沈阳市自来水总公司经过多方调研，决定与专门研制开发地理信息系统专业应用软件的沈阳金建数字城市软件有限公司（以下简称金建公司）合作，采用当今世界先进的地

理信息系统技术，建立图文信息综合管理的沈阳市供水管网地理信息系统。系统工期为 12 个月。系统建成后，将满足管网查询、统计、规划、分析、维修、管理等各部门的需求，使供水管网进入科学化、自动化管理阶段，提高企业形象，给自来水总公司带来可观的经济效益和社会效益。

三、系统建设阶段

沈阳市供水管网地理信息系统的建立分二期进行，一期主要完成管网地理数据库的建立，管网查询、统计、报表、打印、管网运行、管网分析、管网规划等专业功能的开发。二期主要是建立网络平台，使多用户可以同时使用一期建立的管网数据资源，提高管网数据利用的价值，为管网相关部门提供更广泛的服务。目前，系统一期工程已经完成，二期正在筹建中。

沈阳市供水管网管理信息系统一期工程的时间为自 2001 年 2 月初至 2002 年 2 月初，建设工作主要分为七个主要阶段：

第一阶段：实地调研

该阶段预计时间为 2001.02.01—2001.02.20；该阶段的主要工作内容为：

进行初步调研，提出初步系统解决方案，方案内容包括：软硬件设备、人员配备、系统的主要框架结构、系统的功能、性能和其他要求；

双方就初步系统解决方案进行探讨。根据详细的调研结果，提出完整的系统解决方案，经沈阳市自来水公司审查通过，形成最终的系统解决方案；明确项目其他相关内容，制定开发计划。

第二阶段：图纸数字化

该阶段预计时间为 2001.02.21—2001.06.30；该阶段的主要工作内容为：

由于沈阳市自来水总公司下设测绘处，测绘处拥有自来水管道设备点的图形信息（X、Y、H）和属性信息。为了保证数据质量，管网数据库的建立采用“穿点连线”方法。金建公司负责数字化平台的开发、数据质量检查程序的开发、数字化人员的培训、技术指导，用户方负责具体数字化工作的实施。数字化平台采用网络数据库 SQL Server7.0+MapObjects 2.1。

第三阶段：管网数据库的建立（ArcGIS 格式）

该阶段预计时间为 2001.07.01—2001.07.06；该阶段的主要工作内容为：

将基于 MapInfo 格式（数字化平台自动生成）的管网库，借助于 ArcToolbox 8.1 转换为 MDB 格式的管网地理数据库

第四阶段：系统设计

该阶段预计时间为 2001.07.08—2001.08.01；该阶段的主要工作内容为：

采用 UML（统一建模语言），使用 Rose2000 工具，进行系统需求分析；系统总体设计；确定总体方案；系统的详细设计。

第五阶段：系统开发

该阶段预计时间为 2001.08.02—2001.12.30；该阶段的主要工作内容为：

系统的代码编写工作；系统的单元测试、集成测试工作；系统的用户手册的编制；系统加密方案的实施；系统帮助的实现。

第六阶段：系统实地试运行

该阶段预计时间为 2002.01.01—2002.01.30；该阶段的主要工作内容为：

进行系统的实地安装调试工作；实施系统人员（沈阳市自来水公司人员）培训工作。

第七阶段：一期工程验收

该阶段预计时间为 2002.02.01—2002.02.15；该阶段的主要工作内容为：

由沈阳市燃气/煤气/水公司组织人员按系统合同规定对一期工程的成果进行全面的验收；验收合格，由双方签字确认，一期工程开发建设工作完成。

四、系统环境

1、单机版

硬件：微机 PIII 600MHz、内存 128M 以上

软件：操作平台：Windows NT 4.0 Workstation（或 Server）

Windows 2000 Workstation（或 Server）

地理信息系统平台：ArcInfo 8 .1（TIN 模块）

2、网络版

硬件：客户端：微机 PIII 600MHz 内存 128M 以上

服务器：PC 服务器 800MHz 以上 内存 256M 以上

软件：客户端：操作平台：Windows NT 4.0 Workstation

地理信息系统平台：ArcInfo 8.1，MapObjects 2.1

服务器：操作平台：Windows NT 4.0 Server

空间数据库引擎：ArcSDE

数据库管理系统：Oracle 8i

五、系统功能

根据对自来水公司相关部门业务情况的调研以及系统运行考虑，将整个系统划分为管网基础数据采集和供水管网管理两个子系统，下面分别对两个子系统的功能进行说明。

（一）管网基础数据采集子系统

该系统是用于 1：500、1：5000 管网基础数据库建立与管理，包括数据输入、维护、数据转换等基本功能。

1. 数据录入

1）供水管线、阀门、消火栓及附属设施的图形录入；

2）供水管线、阀门、消火栓等附属设施设备的属性数据、坐标值的录入；

3）栓点图、及设备照片等的扫描录入；

2. 交互式连点成图与编辑

选择已输入的设备点序列，系统自动根据其坐标生成管线图；

使用系统提供的编辑工具可以交互式地编辑管线;

3. 维护

各种图形及属性数据的新增与删、改。属性数据录入和编辑、与地形数据库连接

4. 数据格式的转换。

与 MapInfo 数据之间的转换。

（二）供水管网管理子系统

该系统建设的目标是实现对供水管网数据的管理，提供丰富快捷的查询、统计、分析和规划等功能。具有事故处理功能，对发生爆管等漏水事故能迅速制定关阀方案，并打印抢修工作所需的各类报表和图纸，从而显著提高事故处理和抢修的效率。

该子系统由五大功能模块组成，即：供水管网数据管理、管网分析功能、管网运行管理、管网紧急事故处理、管网的规划与设计。各模块的功能如下：

※ 供水管网数据管理

供水管网数据管理包括空间数据的管理、专业属性数据的管理、查询统计、显示打印等功能。下面详细地说明各个部分的功能。

1. 空间数据的管理

1）图形数据录入：对于管网及其附属设备的录入。

2）图形数据的编辑、维护：提供基本的增加、修改、删除等操作，栓点上图。

3）自动注记、手工注记。

4）远传点、测流、测压、水质检测点的历史图表分析（多点同期，单点历史同期等）

2. 属性数据的管理

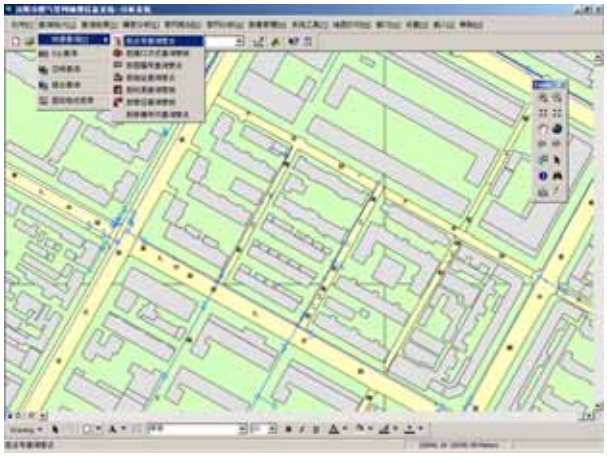
在录入数据时，既可以成批地快速录入，也可以点中需录入的设备图形目标进行单一录入。

3. 查询统计

1）图形查属性：用鼠标点击管段或管点，即可显示相对应的属性信息（提供多种方式）。

2）属性查图形：通过输入管段或设备相关的属性，即可查询出相对应的图形（提供多种方式，可以带空间范围查询）。

3）统计功能：按一定的条件来完成对管段及附属设施的统计（提供多种方式）。各种查询结果均可以进行分组统计。



系统界面

4. 地图浏览功能

允许用户浏览管理区域的地理地图，同时允许用户随意缩放定位显示窗口，或在地图上任意漫游。可以按图形、图号、书签等多种方式进行调图。

5. 创建专题地图功能

利用创建专题地图功能分析与图形相关联的数据，根据数据值渲染图形对象，或创建专题对象以显示数据值，可以建立分级专题图、唯一值专题图和独立值专题图，专题定义可以保存，设为缺省等。

6. 打印功能

本系统可以通过打印机、绘图仪等外设输出图形，或通过打印机输出属性数据、各类统计报表及查询统计结果。

7. 制图功能

栓点卡的制作与输出，沿路带状地形图的输出，标准图幅、任意图幅的输出。

8. 系统数据转换

1）MIF 数据转入：将外业采集的管线数据，写成标准的 MapInfo（4.0 版本以上）MIF 格式。系统可以直接将此 MIF 文件中的管点或管线数据追加到用户选定的图层中。

2）数据转出到 MapInfo：系统可将其中的任一管线图层转换为 MapInfo 的格式（MIF、MID），在转换过程中，图形的符号信息丢失，需要由用户在 MapInfo 中手工定制管网符号。

3）DXF 的转入：可以将用户选定的 DXF 文件转入到系统已有图层或新建图层上。同时完成属性信息的转入。

4）DXF 的转出：可以将系统选中的管点、管线、地形图按所在图层转换为相应的 DXF 文件。DXF 文件中的图形对象以块的形式表现，以便挂上相应的属性。

※ 管网分析功能：

1） 垂距分析：分析管线相交处的埋深、净距情况。

2) 剖面分析：通过鼠标画任意剖面线，形成管线横剖面图，了解管线在地下的埋深情况。

3) 剖面分析：通过选取多条管线，形成管线纵剖面图，了解管线在地下的坡度情况。

4) 投影分析：通过纵投影，了解相邻多条管线在地下的埋深对照情况。

5) 连通分析：在管线上指定某处，分析与其相通的管线，并变色特显。

6) 预警分析：根据管线或其附件的服务年限，预警超过服务年限的管线或管线附件。

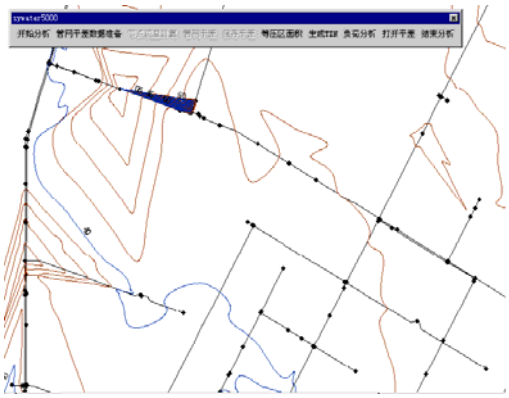
※ 管网运行管理

该模块主要是在 1：5000 管网图上完成。

1) 管网运行的模拟计算分析：在管网图文数据的基础上应用管网平差原理模拟管网运行状态及水力分析，动态显示任意管段的流向及相关属性数据。

2) 管网运行输配管网的负荷分析：按给定的经济流速或流量的上、下限范围，确定输配水管网在运行中是否超负荷或低负荷运行。为管网改造、管网规划以及管网调度运行提供科学、可靠的依据。

3) 管网运行的等水压线绘制与分析：根据管网分析结果及测流测压数据绘制管网的等水压线平面图，再以地形图为背景，用不同的颜色区分出高、中、低压区的分布范围，并可计算出面积，为管网改造和规划提供依据。

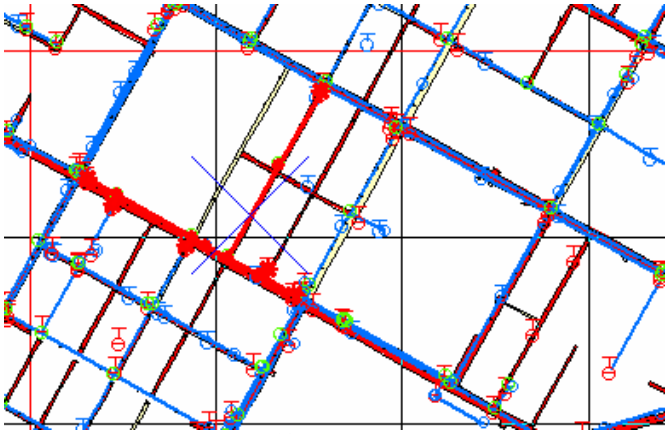


等压线分析示意图

※ 管网紧急事故处理

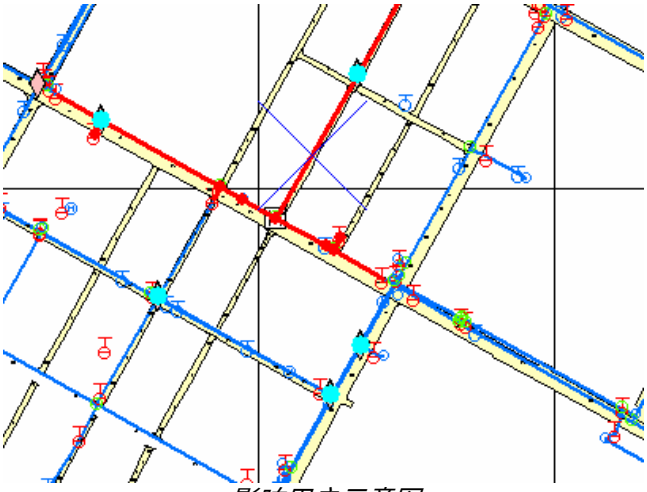
在事故发生时，系统能自动地分析出应该关闭的阀门，提供相关阀门、管线、用户信息，并提出关阀方案。首先，系统要分析阀门的开闭状况，检查哪些阀门是可以正常开关的，哪些阀门是异常的，已经不能进行正常的开闭了；哪些阀门已经处于关闭状态；

系统考虑单水源和多水源的情况，对不同的情况有不同的处理过程和结果。对于爆管分析结果，系统将在地图上自动把所有需关闭的阀门作以特殊颜色标记，例如：阀门颜色变红，表明是需关闭的；不变色的，表明是不需关闭的；变绿色的，表明阀门已废或者设备状况不正常。



爆管分析示意图

统计出由于关闭阀门而受影响的用户，并将这些用户的详细情况打印出来。系统将停水的管网闪烁显示，辅助有关人员进行抢修。



影响用户示意图

※ 管网的规划

在现有城市地形图管网图的基础上，结合城市近期及中远期发展规划，在给定水源、水量及供水方向的前提下，进行管网布线、确定多种方案设计，经过技术、经济比较，择优选择最佳方案。结合管网分析，提出更新改造规划，并可进行改造前后管网压力、流量、流速等变化的对比情况。

断面分析是道路与管线工程规划设计和管理的基础，也是工程咨询的必要信息。此组功能根据管网的标高，可以绘制管网横、纵断面图，让用户对管网的空间分布情况一目了然，便于施工，辅助领导决策。



方案比较示意图

六、系统特点

应用当今世界最为先进的企业级 GIS 应用框架，为供水工程提供了灵活、高效的企业级应用解决方案，系统的运行实施，将使沈阳市供水管网的管理达到国内领先水平，并接近国际同期水平。

系统是采用真正的客户/服务器结构的 GIS 系统，是在企业范围内高效、安全地共享供水管网数据的必然选择。

采用工业标准数据库管理系统，同时存储空间数据和属性数据，保证数据的安全性、一致性。

系统方案符合当前供水管网管理和 GIS 技术发展趋势，特别是采用的 GIS 技术解决方案目前处于绝对领先的优势，通过系统运行期间的升级、维护，能够保证在相当长的时间内不会落后。

合理的软件配置，具有较好的性价比。

七、系统建设经验

1) 系统的建立应分期进行，即可以保证工程在有限的资金情况下能够正常开展，又可以避免因设计、开发上的失误给工程造成重大损失。另外还可以为工程后期的建设提供宝贵的经验。

2) 地理数据库质量是系统最终能否达到其设计目标的关键，因此应在数字化平台中定义数据规则，保证数据的准确度、精度、合法性、一致性、完整性、现势性。

3) 系统建立应遵循规范化原则、先进性原则、完备性原则、适用性原则、示范性原则、可扩充性原则。

4) 多人协作开发应进行统一的规划、管理，并辅助协作开发工具软件的使用。

5) 地理信息系统平台的选用不仅关系到系统开发的进度，也影响到系统的稳定性、效率和可靠性。建议选用性能比较好、功能强大的地理信息系统平台，如：ArcGIS。

6) 系统设计、开发应采用当今主流的技术，如：面向对象技术、COM 技术等，可以提高系统开发的效率和系统的稳定性和可扩充性。

八、结语

该系统的建成满足了沈阳市自来水总公司建设地理信息系统应用的急需，解决了城市级基础管网海量数据管理的问题，也为其它专业管网及综合管网的开发建设提供了借鉴。系统建设中采用的软硬件配置、技术方法、系统方案等方面的经验，在我国城市地理信息系统的建设中，具有一定的推广价值。

参考文献：

a) ESRI 公司系列产品简介，富融科技有限公司，1999、10

b) Modeling Our World, The ESRI Guide to Geodatabase Design, Michael Zeiler, ESRI Press

c) 沈阳市供水管网地理信息系统调研报告，沈阳金建数字城市软件有限公司，2001

d) 沈阳市供水管网地理信息系统设计报告，沈阳金建数字城市软件有限公司，2001

借助土壤分析，诊断供水管道故障

David Jacobs, Garland 市,德克萨斯州

德克萨斯州 Garland 市供水部门已经执行了一个饮用水管道替换计划多年,该计划必须遵循一定的标准规范。计划初始,供水管道哪一部分被替换取决于经历长久时间后输送管线断裂的数量。这些事故已经被持续的记录下来,并且一旦每年的资金到位就会替换这些设施。

供水部门维护着市内 57 平方英里之内的将近 1000 英里长的饮用供水管道。位于 Dallas 郡东北部的 Garland 是有着超过 220,000 的人口,这样使得它成为该州的第 10 大城市。

一、供水管道替换计划

出于替换计划的目的，城市被划分为南北区域两部分，并且数据也被分别维护着，因而可以通过街道来生成每年的替换计划。更换列表是通过北/南名称,断裂的数量,街道名称,街道类型来生成的。在考虑到年度财政预算做出计划决定的时候,就会参照目录来确定被记录输送管线破裂最多的街道，这些区域就会被优先考虑并且制定计划替换该设施。

整个城市都会发生输送管线破裂，但是,有一个焦点区域是该城市南部的一个 15 平方英里的区域。从 1978 年起,该区域就经历了长久的高频率的输送管线破裂。这个区域包括了总人口为 61,305 的 18,874 户单身和多人住户.尽管它只是占有了该城市 25%的总面积,但 36%的输送管线破裂导致的供水管道设施更换都发生在这里。从 1978 年到现在,在该区域总共出现了 3,182 次破裂事件。

响应这些输出管线破裂,超过 24 英里的管线设施被替换了。每年的管线破裂平均发生概率是每 100 英里有 51 英里出现问题。在该城市的其它区域 42 平方英里，在同样时间段里面每 100 英里 30 英里会出现问题。从 1960 年到 1970 年,该市的大多数供水管道初始都是按照统一标准安装的,并且都是铸铁构造的。在近十年末,安装的才是韧性金属材料。对于替换计划来说，最适合的管道原材料是 PVC 管道。

二、有限的生命期限

负责供水的官员变得日益关注社区南部的供水管道生命期限。在统一的安装标准下,铸铁和韧性金属的生命期限应该比观测的生命期限长得多。为了找寻答案,官员求助于该市的 GIS 系统以帮助找到早期设施构建失败的原因。尽管长期以来官员怀疑该市南部区域的土壤条件可能在早期构建失败中起着作用,但是没有明显的证据来支持这种推测。

该市的 GIS 部门成立于 1997 年,协助众多城市部门来管理地理信息。水利设施管理主管 Jack May,一个热心的 GIS 功能支持者,是筹划委员会负责人之一，他提出了在该市创建 GIS 资源的构思。在 2003

年,May 要求 GIS 人员来协助水利设施部门分析为何该市的南部区域相比其它区域出现更多的供水管道故障。

三、调查过程

通过参照 Dallas 县的土壤调查，GIS 部门开始了他们的研究,这个土壤调查档案是由国家土壤机构协作调查，美国农业部，还有其它联邦、州的人员和当地机构联合提供的。它表明了一共有 49 种不同类型的土壤存在于 Garland 市。

通过使用 ArcView, GIS 工作人员创建了几幅地图层，能够通过内部互联网浏览器来显示。这些层标示了 Dallas 郡土壤调查机构获取的 PH 值,电阻系数,土壤浓度和扩散特征,参照这些土壤条件，可以进行供水管道的分析。

分析结果揭示,相比该市的其它地区，南部土壤普遍都显示较强的酸性。在酸性条件下,电解质的电阻系数就是主要因素了，因为整个城市的土壤扩散比率都是一致的。当从部门数据库中获取的输送管线破裂情况被绘制出来,并叠加了 PH 值,电阻系数和土壤浓度图层,该地区的高土壤酸度和电阻系数的区域就被定位了,也就是历史上曾经发生过许多输送管线破裂的区域。

四、首要的改进规划

使用 GIS 部门公布的信息,目前水利设施部门有了一个卓越的规划工具用于改良饮用供水管道替换计划。一系列详尽的地图显示了有问题或者高温的土壤地区,这也是破裂最可能发生的地带,这也协助了水利官员进行规划和管理。这些信息同样允许水利官员更好的通知城市委员会和市民即将进行的工程项目。这样就创建了一个可防御的工作模型来最大化财政预算以带给社区最多益处。

获取更详尽的信息,联系 David Jacobs,项目经理,水利设施部门,Garland 市,德克萨斯州,Email:djacobs@ci.garland.tx.us

巴黎市利用 GIS 技术管理供水网络系统

巴黎的供水服务公司，在为全市 5 千万市民服务的时候，经常会遇到以下这些问题，管道的修复和铺设工程延期，用水高峰期时间的增加，以及由于用水高峰而引起的水压低，水质差等等，并且因此而出现的频繁断水现象。所有这些问题都是影响供水服务部门服务质量的因素。

由于所有的信息都与地理位置，网络资源有关。如何迅速获得这些最新的地理信息，是供水服务部门首先应该考虑的问题。早在 1982 年巴黎市的供水服务公司就提出了整个巴黎市管线供应方面的网络应用模型，但由于资料准备不充足，这一计划也仅仅是作为一个战略计划提出来而未付诸于实施。

1985 年，CEP 公司被巴黎市政府授权为全市 280 万市民提供服。CEP 公司所需做的第一步工作就是调查所辖区域内的所有设施的情况，包括 2350 公里长的管道，12300 个阀门，66000 个连接点以及 25000 组公众设施以及一些名胜古迹。除此之外城市的基础背景图是从巴黎市政府购买的电子地图。

在此基础之上，一个初始的 CAD 系统很快建立起来，并在 1985 年年底在公司的主要工程部门开始运作。该系统提供了整个地区的网络图，包括管道，阀门，设施等所有信息。

但是，因为这毕竟只是一个 CAD 系统，所有这些图形信息也仅仅只是一个背景图，没有和属性数据关联，所以也就不适合用它协助日常工作事务的处理。

1991 年，CEP 通过调研决定采用 GIS 技术，充分利用相关数据库，以获得大量的日常事务处理的能力和 CEP 中六个部门对数据库的数据更新工作的能力。

CEP 选择 ARC/INFO 软件建立 CEP 的应用系统。系统要求须界面友好并且能在 CEP 总部及六个部门之间联网使用。该应用称之为 GIRIS。

经过一年多的时间，GIRIS 开发成功，在经过了几个月的现场测试和培训工作后，GIRIS 系统在现场正式运转，并在运转过程中不断地利用 ARC/INFO 的新特点增加系统新的功能来完善该系统。

GIRIS 应用的核心模块，主要包括以下部分：

- 网络的改建计划
- 断水处理
- 管道的模拟追踪
- 用户信息管理
- 重修工作的安排
- 消火栓信息的管理
- 特殊用户的管理（例如：医院、VIP 等）
- 时间记录和解决程序管理（用水高峰期、断水等）
- 历史事件的记录
- 每年的技术报告的编辑处理

当任何一个部门修改网络数据或者执行业务时，该信息就被送到总部进行检核、修正执行，并提供工具对地块和背景图进行修改。

每个部门都有一台 Sun 工作站用来作数据库的维护工作以及利用 GIRIS 管理其相应管辖区域内的网络数据，和总部之间的通讯采用的是 64KB 以太网和 TCP/IP 网络协议。

该系统的最近一次更新扩展是在 1996 年，共安装了 50 套 PC ArcView GIS。和已有的 ARC/INFO 系统集成，结合已有的 Oracle 应用系统，一起执行任务。同时与用户数据库相关联，从用户计费系统中直接读取数据。

在这种 Client/Server 结构体系中，利用 Oracle 数据库，可以开发出与其它 Client/Server 应用一样简便易用的界面，例如：

在 Oracle 基础上，与其它应用（如订单处理、计费处理、用户服务、技术指导、电子文档的处理等）一起集成，成为一个应用系统（称之为 WALLACE）。将 GIS 的各种特点结合在一起，不仅提供空间查询，还可以提供专项查询，这种结合方式能够很好地管理计算机辅助计算以及整个系统的辅助决策。

通过 TCP/IP 网络协议与运行于 HP9000 并基于 Oracle 数据库的计费系统（PARISIS）相关联，允许一些授权用户在权限许可范围内访问顾客信息（包括合同、帐单、水表、优先权、历史文件等）

CEP GIRIS 日益完善成为一个优秀的 GIS 解决方案。在 1995 年，巴黎市提出将 GIRIS 作为一个标准软件包提供给一些大公司及公众服务部门。GIRIS 现在以两个独立模块存在：一个是饮用水管理系统，一个是污水处理系统。目前，这两个模块在巴黎市有关部门运行良好。

ArcGIS在地下管线管理中的应用

论文集锦

综 合 管 网 篇

关于城市地下管线探测与信息化工作的探讨

作者单位 ： 厦门市城建档案馆

摘要 ：本文结合厦门市地下管线探测及信息化项目的实践，探讨了管线探测与信息化工作的目标和内容、项目的管理和组织实施。

一、引 言

地下管线是城市基础设施的重要组成部分，管线担负着输送能量、传输物质和传递信息的重要任务，是城市赖以生存和发展的物质基础，被称为城市的“生命线”。

我国城市地下管线管理一直比较薄弱，不少城市存在地下管线分布情况不明，管线档案资料不完整、不准确、不规范，资料分散保管，城市建设缺少系统的管线档案资料可供查询，造成管线事故不断发生。管线事故引起国务院领导的高度重视，多次指示加强城市地下管线的管理工作。以此为契机，厦门市 2002 年开始开展地下管线探测及信息化建设项目工作，通过该项目的组织实施，取得一些经验体会，下面在简单介绍项目进展情况的同时，探讨项目的组织管理中的一些问题。

二、 管线项目建设背景

厦门市于 95 年进行过建成区的地下管线普查工作，并建立了管线信息管理系统。该系统为工程建设单位提供管线资料查询、出图服务和管线信息交流，发挥了应有的价值。

但是在管线的管理过程中未能实现动态管理，管线资料不全，信息老化，滞后于城市建设发展的需要。其主要原因是：

1）专业管线权属单位不能按规定向城建档案管理部门报送管线竣工档案，造成管线档案信息不全；

2）各专业管线权属单位新建管线没有按要求进行覆土前的竣工测量，新增管线资料不能纳入管线数据库；

3）地下管线分由不同的权属部门规划、建设、管理及保管资料，致使管线资料分散、管理混乱。

以上原因造成我市管线资料基本上停滞在 95 年状况，无法实现管线动态跟踪管理，资料缺乏现势性，城市管线事故屡有发生，造成人员伤亡和财产损失，给城市建设和人民生活带来一定影响。

鉴于管线管理现状给城市建设和生活带来的影响，经各方呼吁，引起市政府的重视和支持，地下管线探测及信息化建设项目被列为《厦门市信息产业发展“十五”专项计划》重点工程之一，并于 2002 年立项，投资开展“厦门市地下管线探测及信息化建设”项目，同时《厦门市地下管线工程档案

管理办法》被列入立法计划。厦门市建设与管理局作为业主负责项目管理，厦门市城建档案馆（建设信息中心）负责项目的具体实施。

三、管线项目建设目标

1．总体目标

管线项目建设旨在提高城市建设整体管理水平，切实发挥地下管线档案资料在城市规划、建设、管理和防灾减灾中的作用，推进城市信息化和“数字城市”建设。本着高起点、高标准的原则，管线项目建设总体目标为：

建立综合地下管线信息管理系统、各专业管线信息管理系统；

建成分级、分布式的地下管线数据库；

建立地下管线数据与系统维护管理中心，建立公共数据交换服务平台；

建立具有空间化、数字化、网络化、智能化和可视化的技术系统；

建立切实可行的信息更新机制，实现地下管线信息的动态管理。

2.具体实施过程

为了切实实现项目的总体目标，提出了分三步走的构想。

第一步：完成管线数据采集建库，实现管线资料信息化管理。

将覆盖城市建成区的各类地下主干管线按统一标准完成数字化探测采集，建立地下管线数据库，建立管线信息管理系统。根据管线的类别、规格、所在位置、道路名称、管线业主等多种方式对地下管线资料进行存储、管理、检索、查询和输出。

第二步：建立严格的信息更新和档案归档制度，实现管线动态管理。

建立起有法规约束的管线数据更新机制，按统一数据标准进行管线数据采集、收集、整理、归档和入库，进行管线信息交流和共享，形成协调有序的信息更新及共享机制。

第三步：实现信息多元化的应用。

力求各有关单位相互协调，建立行之有效的责、权、利明晰的资源共享和信息集约机制，在保证信息安全的前提下，做到信息数据最大限度开放和应用。

四、技术工作方案及工作内容

1.技术工作方案

管线项目，技术工作方案的总体思路是：利用专业管线权属单位已有资料，在提供现况调绘图的基础上，探测单位以开井调查和仪器探测相结合，探查管线点，建立控制测量网，管线点连测，

带状图测绘，采用机助成图一体化作业获取管线数据成果和数字化地形图，对探测过程实行工程监理；按档案管理要求一次性组卷归档，建立管线工程报建和竣工测量制度实行管线动态管理；同步建立管线数据库和管线信息管理系统，做到管线数据信息共享，实现管线信息现代化管理。技术工作流程如图 1。

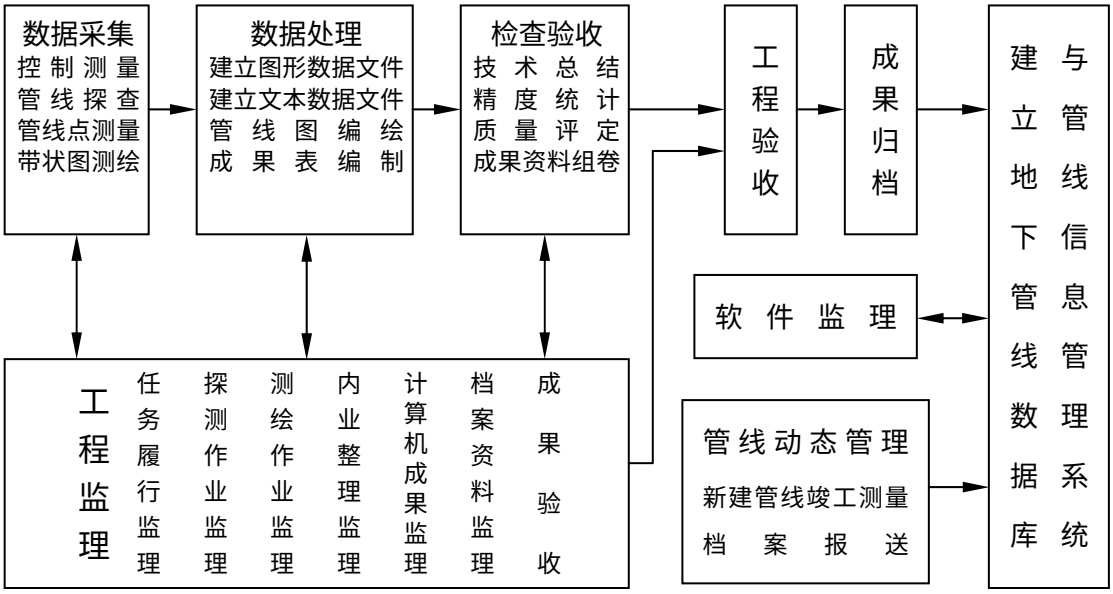


图 1　技术工作流程图

2.主要工作内容

(1) 前期准备工作

1）收集已有的控制测量成果资料（平面和高程）、地形图、管线成果资料，了解城市坐标系统、高程基准和地形图分幅标准。

2）在充分调查研究的基础上，编写项目总体方案、项目经费预算、拟定工作计划和工作进度。

3）计算机软硬件设备的调研和选型工作，包括 GIS 软件、数据库软件、服务器、储存设备、输入输出设备、计算机、数据的安全与备份等设备。

4）组织专业技术人员进行管线现况调绘，并编制成管线现况调绘图。

5）管线探测样区试验，主要目的是选定探测队伍，验证技术规程可行性，确定探测方法、工作程序、组织方式、技术标准和作业方式等。

6）各工程子项目的招投标工作，主要为招标中介机构提供工程子项目的工程概况、技术要求、技术标准、项目工作内容、造价预算、选择中标商的条件要求等。

7）根据本地区的实际需要和技术要求，编制指导管线项目工作的技术规程、规范、标准，内容涵盖管线探测、管线监理、数据建库、系统开发和软件监理等工作，我们共编制 4 个技术文件，作为指导管线项目工作的技术标准。

8）项目建设的同时，同步进行管线工程档案管理的立法工作，出台了《厦门市地下管线工程档案管理办法》。

(2)实施阶段工作

1）布设管线测量控制网。在管线探测工作区域内布设平面控制网和高程控制网，共布设 36 个 D 级 GPS 点，一级、二级导线 300 公里，四等水准网 400 多公里，为测定管线点的准确位置提供平面和高程起算坐标。

2）采用物探方法探测 20 余种管线的地下位置，同时采集管线的属性数据，累计探测管线总长度 5600 多公里，描绘出埋藏于城市地下管线位置图，为城市规划、建设和管理提供管线现况资料。

3)测定近 30 万点各类管线点的平面坐标和高程,为精确描绘管线的空间位置提供准确的数据。

4）测绘 1:500 带状地形图 1500 多幅，为编制综合管线图和各种专业管线图提供清晰、准确的地形图背景。

5）组织专业管线权属单位进行专业管线图的审查工作，确保管线成果准确完整，防止管线数据缺漏。

6）把采集到的所有管线数据和地形图数据进行归类、整理、标准化并录入数据库，建立管线数据库和地形图数据库。

7）开发综合地下管线信息管理系统，对城市地下管线实现信息化管理。

8）建立城域管线局域网络，实现管线数据共享和数据交换。

9）项目工程监理，内容包括控制测量监理、管线探测监理、软件开发监理。

10）成果资料组卷归档，包括控制测量、管线探测、带状图测绘、软件开发、探测监理和软件监理的记录、计算、成果、文档等。

五、项目管理与组织实施

1.建立健全项目管理机构

1）成立了由全市各有关部门和管线权属单位组成的地下管线工作领导小组，负责协调管线各有关部门的工作和业务关系，重要工作决策，指导项目工作的开展。

2）领导小组下设管线办公室，主持管线项目日常业务管理工作，解决、处理和协调管线工作的各项事宜。

3）建立管线联络员制度，由各管线权属单位和相关部门派出一名联络员，负责本单位和管线办的联络，负责提供本专业管线现况调绘图和专业管线图的审查工作。

4）由市城建档案馆抽调具有测绘、物探、计算机、GIS、档案等专业技术人员组成管线工作小组，负责管线项目的具体运作及日常事务工作。

2.前期准备

1）前期调查研究工作。项目实施前组织项目管理人员和有关技术人员到一些城市进行考查学习，取得项目的管理、组织、实施和运行等方面的一些认识和体会，在吸取别人先进经验的基础上，编制切合实际的项目工作总体方案，制定项目运作的基本程序，指导工作的开展。

2）技术准备工作。管线项目技术性较强，应全面分析各个环节的技术需求，进行充分的准备，提供良好的工作基础。准备工作主要有：控制点成果、地形图资料、管线资料的收集，技术标准的制定，计算机硬软件设备选型和样区试验等工作。

3）管线现况调绘工作。管线野外探测前必须组织管线权属单位进行管线现况调绘工作，编制管线现况调绘图，为管线探测人员提供管线基本信息，这样可避免盲探，提高探查工作的准确度和成果质量。

3、作业组织与队伍管理

承担管线工程项目工作的单位较多，有测绘单位、物探单位、IT 公司和监理公司等，各单位之间的专业性质和技术特点差异较大，给项目的组织管理带来一定难度。根据项目总体方案，结合每种专业的技术特点进行科学组织管理，使管线项目各项工作顺利开展。

(1)管线探测

1）学习规范规程。管线探测前先组织全体探测人员学习有关的技术规范、技术规程和技术标准，让每个探测人员掌握并牢记作业程序、作业方法、技术标准、精度指标和数据格式等。

2）以点带面。为避免各探测单位对规程理解不一致产生执行技术标准的差异，通过样区试验了解每个人理解执行技术情况，进行实地统一指导，同时制作出规范的记录、计算、成果、图表等样本，以试验区的工作成果和经验指导整个探测区域的探测工作。

3）分区探测逐步推进。全市划分成 15 个测区，每个测区探测工作完成后须经监理审查合格，再开展新测区的探测工作。

4）加强检查监督，确保成果质量。探测成果要经过三级检查，通过探测监理检查，由管线办组织进行不定量的抽查，最后再经数据入库检查，层层把关，确保探测成果质量。

5）探测安全管理。在城市市区作业，由于人流大、车辆多，易出现安全事故，必须加强安全管理工作。主要措施有：工作例会上经常强调探测安全问题，每个探测单位设一个安全检查员，给每个探测人员印发一份《地下管线探测安全保护规定》，探测人员穿戴统一安全标志服，配戴工作证，探测地段设置警示标志，管线探测开井后先检查有无毒气等。

(2)软件开发

系统软件开发是管线项目最后一个环节，其技术性较强，软件系统的好坏将直接影响管线探测成果的应用效果。为此由管线办、管线工作小组和软件开发公司联合组成软件开发实施小组，重点

抓好软件开发中的几个环节：开发计划和进度的落实，需求调查分析的准确，概要设计方案和详细设计方案的正确编制，数据建库的科学完整。

(3)工程监理

工程监理是监理公司代业主对管线探测和软件开发履行质量检查监督，监理公司对工程质量负有重要责任。管线探测监理主要是对管线探测工程各工序、各环节实施全过程的质量控制，审核技术设计书和质量管理方案，监督作业计划、进度和工程合同的履行，督促探测技术标准的贯彻执行，对探测工程质量进行评估，保证探测成果质量。软件监理重点是审核需求分析说明、概要设计说明和详细设计说明，提交审核意见，对软件进行测评并提交测评报告。

业主对监理公司应进行监督，对监理工作进行抽查，检查监理公司履行职责情况、工程质量的监理力度和质量控制情况。

(4)管理措施

1）例会工作制度。每一周（作业前期）或二周（作业中、后期）召开一次由管线办、管线工作小组、各子项目工作单位经理和技术负责人参加的例会，汇报工作进度、研究解决问题、协调工作关系和部署工作计划。

2）专题会议制度。对于专门技术问题或重要技术工作决策要召开专题会议进行解决，例如：研究解决工作中出现的技术问题和疑难问题，讨论和论证子项目的技术方案，修定技术标准，重要问题决策等。

3）联络员会议制度。不定期召开管线联络员会议，通报项目进展情况，部署联络员的工作任务，协调管线权属单位与作业单位配合等问题。

4）现场检查和现场解决问题制度。经常组织有关人员到生产第一线检查工作情况，包括作业方法、操作程序、安全生产，以及调查研究和解决问题。

4、数据建库和系统开发

(1) 软、硬件平台的选择。要建立能跨行业跨系统运作，标准统一的管线管理系统，必须选择合理先进的软、硬件平台，制定可行的技术方案。我们通过多方调研、筛选和比较，并通过专家论证，选用了 ArcGIS 系列为底层支撑平台，数据库采用统一的大型数据库软件 Oracle。

(2) 建立综合地下管线数据库。建立包括给水、排水、燃气、电力、通信、广播电视、热力、工业等管线的空间坐标数据和属性数据综合管线数据库，以及建立地形图数据库。管线数据库应能通过不同渠道同时为多用户、多系统提供完整、准确、标准的管线信息。

（3）管线信息管理系统的开发。系统包括地下管线数据建库、地下管线综合应用子系统、地下管线建库子系统、地下管线动态更新子系统、地下管线公众服务子系统等。建立以 GIS 技术为核心、以数据库管理系统（DBMS）技术为基础，具有空间决策支持和专家系统综合分析能力、通用性强、实用完善的管线信息管理系统。

5、系统的安全与备份

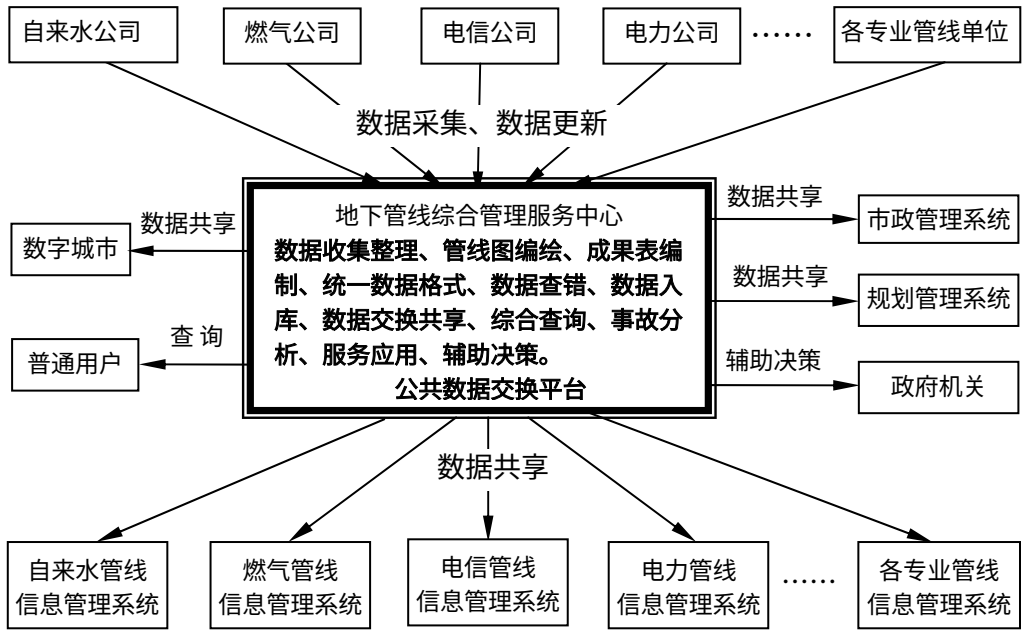
管线数据属于国家秘密甚至机密级资料，在建立管线数据库和开发管线管理系统时，我们充分考虑了系统的安全机制，数据库服务器配置采用双机容错加外置式磁盘阵列、磁带机备份，系统开发采用设置中间层服务器的三层架构，在网络安全方面为系统配置了网络防火墙、保密机、入侵检测系统、VPN 硬件加密卡等设备。

6、建立完善配套的技术标准

由于地下管线探测与信息化管理是一项高科技工作，建立一套完整、完善的技术标准非常必要。为此，我们组织人员编写了《厦门市地下管线探测及信息化技术规程》、《厦门市地下管线探测计算机技术规范》、《厦门市地下管线探测成果质量检查验收规定》、《厦门市地下管线探测工程成果质量评定评分标准》等技术标准，对管线项目的每项工作的工作内容、工作流程、工作程序、作业方法、技术标准、精度指标、数据格式和质量控制等问题进行规范和统一，作为指导项目开展的技术依据。

7、建立有效的管线数据管理模式

为了改变管线数据分散管理的格局，建立了以市城建档案馆（建设信息中心）为依托的市地下管线管理服务中心，集中对各类管线数据进行分类、整理、标准化、更新入库、管理和分发，实现地下管线集中统一管理下的信息共享机制。地下管线管理服务架构如图 2。



8、管线成果资料组卷归档

应注意收集管线项目各种档案资料，并按城建档案管理要求进行分类、整理、组卷、装订、归档。收集的内容包括：控制测量和管线探测的野外记录、计算资料、成果表、图表图件、质

检报告、技术设计书、技术工作总结；探测监理的监理记录、整改通知书和监理报告；软件开发和软件监理的技术文档；项目总体方案、技术文本、工作记录、文件、会议记录、会议纪要以及项目相关资料等。

9、管线工程档案管理立法

地下管线动态管理是我国城市管线管理中的瓶颈，我市之所以再次投资进行管线探测工作，主要原因是不能做到管线动态更新。为了保证管线能动态更新，确保管线信息的准确性和现势性，管线项目立项时管线工程档案管理办法同时列为立法项目，《厦门市地下管线工程档案管理办法》已以市府令颁布.该办法对建设行政主管部门、管线建设部门和管线档案管理部门的职责和义务进行明确的界定，对管线工程开展竣工测量、档案报送的内容、程序及要求等作出了规定，它的出台和实施为实现地下管线动态管理提供了有力的法律保障。

10、宣传报道工作

在项目进行过程中，重视项目的宣传报道工作，不定期邀请电视台、厦门日报、厦门晚报记者进行宣传报道，在厦门建设信息网站和建设信息简报发布项目工作信息，把每次管线会议情况形成会议纪要发给相关人员、部门和有关领导，让全市人民和各级领导了解项目进展情况，引起他们对项目的关注和支持。

六、 几点建议

1）管线探测与信息化建设业主单位必须明确项目要达到的目标并准确定位，对整个项目的工作内容、基本要求、技术指标和数据格式要清楚明了，并制定出相应的技术规程、技术规范和技术标准，作为指导项目的技术依据。

2）完成管线数据采集、数据建库和系统开发，只是管线探测与信息化工程完成的第一步，更重要的是要做好管线的动态跟踪管理，而要实现管线动态跟踪管理则要有相应的管线管理法规和管线管理机制做保障。

3）管线探测与信息化工程是多技术部门协同作战，工作内容较多较杂，又相互交叉，因此需要一个健全的组织机构来协调各方面的关系，同时要制定相应制度进行约束和规范，否则易产生窝工和扯皮现象。

4）勘察和软件开发的监理工作在我国刚刚起步，国家还没有这类工程的监理规范，也没有这方面的监理资格认证，监理人员水平不齐，监理不够规范，业主应加强对监理公司的监理工作进行检查、监督和管理，以使工程监理发挥真正作用。

5）在进行样区试验时，几乎每个探测单位都抽调最强的管理人员、技术骨干和作业人员参与试验，但是，一但中标后不少单位就把参与试验人员大部分撤换，普遍存在实际作业技术力量减低，为此如何确保技术力量是每个管线项目建设单位应引起重视的问题。■

北京市地下管网综合管理信息系统

中软强网

一、系统概述

北京市市政管委地下管网综合管理信息系统的建设目标为：

1）改造系统计算机网络，建设和各权属单位联网的地下管网信息系统计算机网络；

2）在统一的标准下，对各专业管线信息进行抽取、整合，形成符合管网综合管理要求的地下综合管网数据库；

3）采用 GIS 和空间数据库技术，结合地下综合管网管理工作的需求，建立北京市市政管委地下管网综合管理信息系统，实现市政管网的管理和防灾应急信息支持。

系统的具体目标包括：

- 整合各类专业管线信息

通过把燃气、热力、给水、中水、雨水、污水、电力、路灯、信息、通讯等相关权属单位的专业管网和设施信息，按照统一的数据格式进行整合、叠加，形成面向市政综合管理的专题空间数据库。

- 管理各类专业管线信息

将整合的燃气、热力、给水、中水、雨水、污水、电力、路灯、信息、通讯等管网和设施专题信息，放在大比例尺的基础地形图上，进行查询、统计、空间分析、报表、更新和同步等。

- 统一管线信息的数据标准

统一信息的格式、空间参照、样式、图例；统一数据的分类和编码标准。

- 管理应急预案

对各类管网及其附属设施的应急预案进行收集、绑定、管理。

- 满足市政管理的业务需求

以整合的地下管网综合信息为基础，实现市政管理的行政许可、年度计划、应急协调等业务的信息服务和决策支持需求

1.1 应用模型

1.2 系统框架

系统包含的各组成部分及其逻辑关系，如下页图 2 所示。

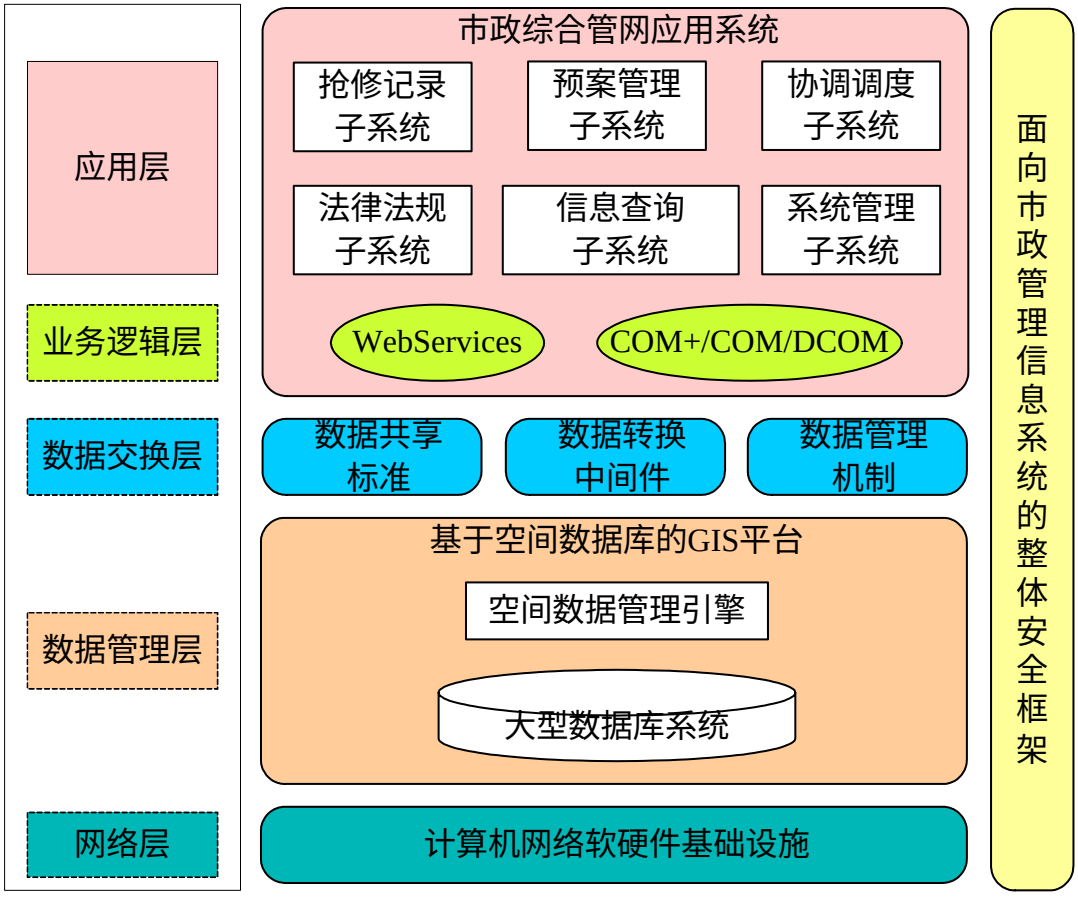
系统逻辑上，从下到上，依次为网络层、数据管理层、数据交换层、业务逻辑层、应用层等 5 个层次，分别完成如下功能：

- **网络层**

系统通过计算机网络和各数据源单位的信息系统连接，通过各类标准的网络协议(TCP/IP，HTTP，SOAP 等)与其它信息系统交换数据和应用。

- **数据管理层**

系统以基于空间数据库的 GIS 平台为支撑，进行海量数据的管理，为实现准确、快速的空间相关的综合查询和分析，提供有力支持。



- **数据交换层**

系统数据来源不一，格式多样，管理方式不同。数据交换层通过数据共享标准，数据管理机制以及数据转换中间件 3 部分的配合工作，实现各处各类异质异构数据的交换。

- **业务逻辑层**

业务逻辑层对业务进行抽象，以 COM+/COM/DCOM 以及 WebService 的形式进行封装，为上层的业务应用提供可复用的服务支持。

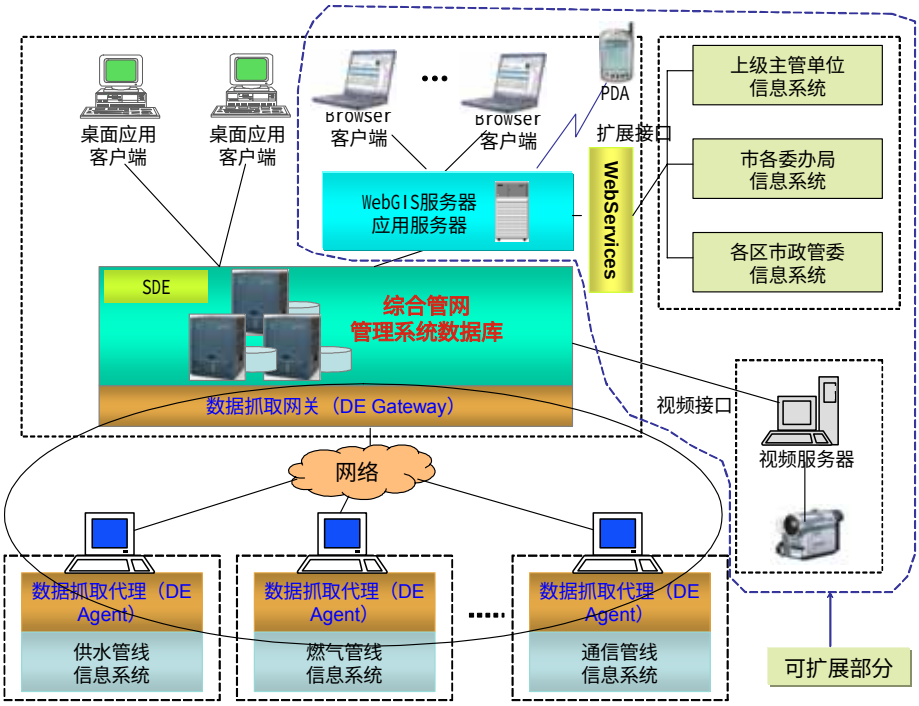
- **应用层**

通过利用系统提供的信息查询、系统管理、法律法规、抢修记录、预案管理、协调调度等子系统功能，可方便地对各类市政公用基础设施及其抢修预案等进行定位、检索查询和统计分析，为市政管委有关职能部门在管理、规划、决策等方面提供支持。

以上每一层，都有相应的安全管理方案贯穿其中。

1.3 系统结构

系统采用 C/S 的体系结构，总体结构如下页图 3 所示：



系统专用网络实现市政管委和各权属单位的网络连接。部署在系统内的数据交换网关（DE Gateway）接收各数据交换代理（DE Agent）提交的管线数据，转换格式后更新到采用空间数据库技术的综合管网数据库服务器上。

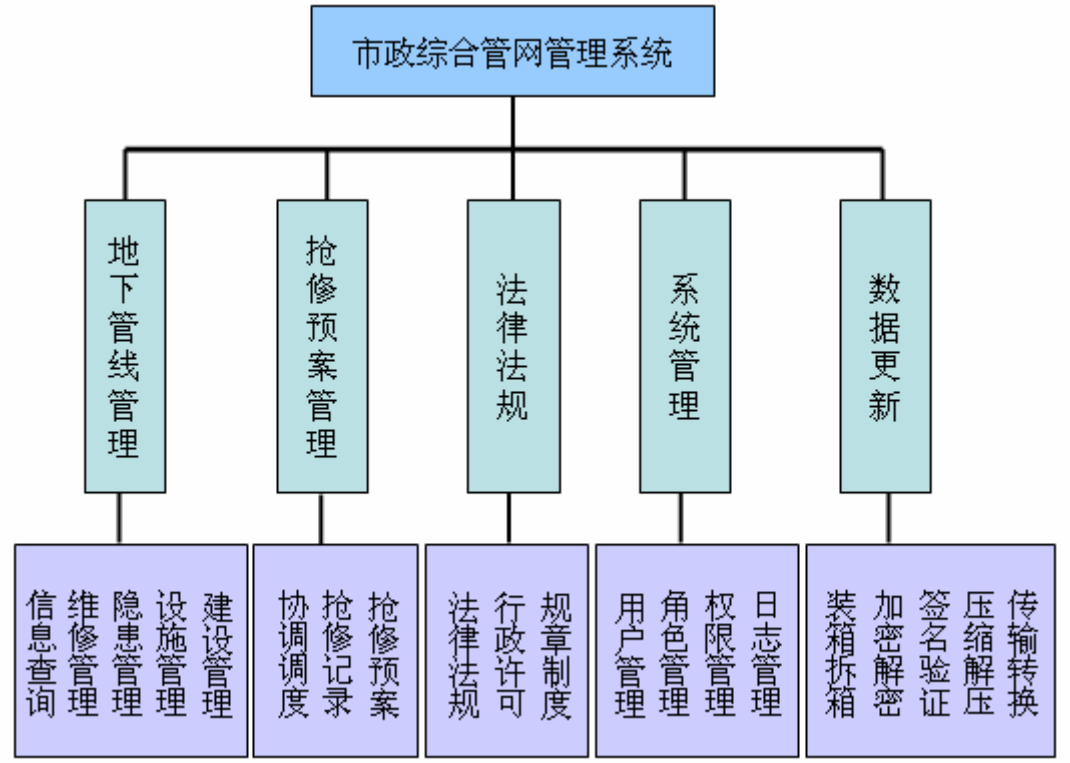
市政管委内部用户包括两类：市政工程处、燃气办、供热办、调度室等管网业务相关处室的用户使用系统的桌面应用，直接通过 SDE 访问管网数据；

系统实现了对外接口，通过扩展可对上级单位、市各委办局、各区市政管委等系统发布各类信息，委内其他用户也可使用浏览器，通过 WebGIS 服务器，访问系统 WebGIS 服务提供的各类业务所需管网信息。

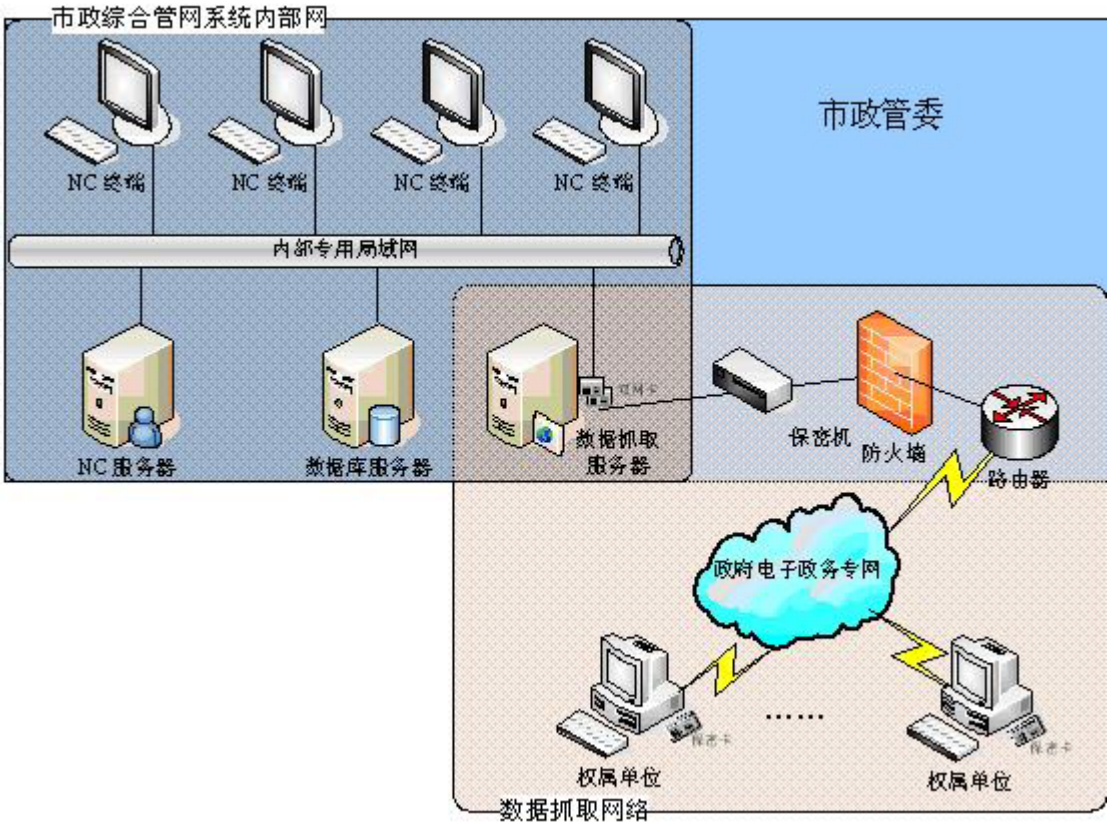
系统保留有可以接入图像视频的扩展能力：通过增加视频服务器，过直接接入流媒体数据。系统可以扩展 MobileGIS PDA 移动手持设备，实现管线信息现场查询。

1.4 系统功能

系统的功能结构如下图：



1.5 运行环境



如上图所示：权属单位的数据由数据抓取软件经过政府电子政务专网以及管委路由器、防火墙、保密机等安全设备，传送到管委的数据抓取服务器；数据抓取服务器，经过管委内部专用局域网，将数据转换导入到数据库服务器。

系统用户使用 NC 终端通过管委内部专用局域网，访问 NC 服务器上的应用系统软件；应用软件通过管委内部专用局域网访问数据库服务器；

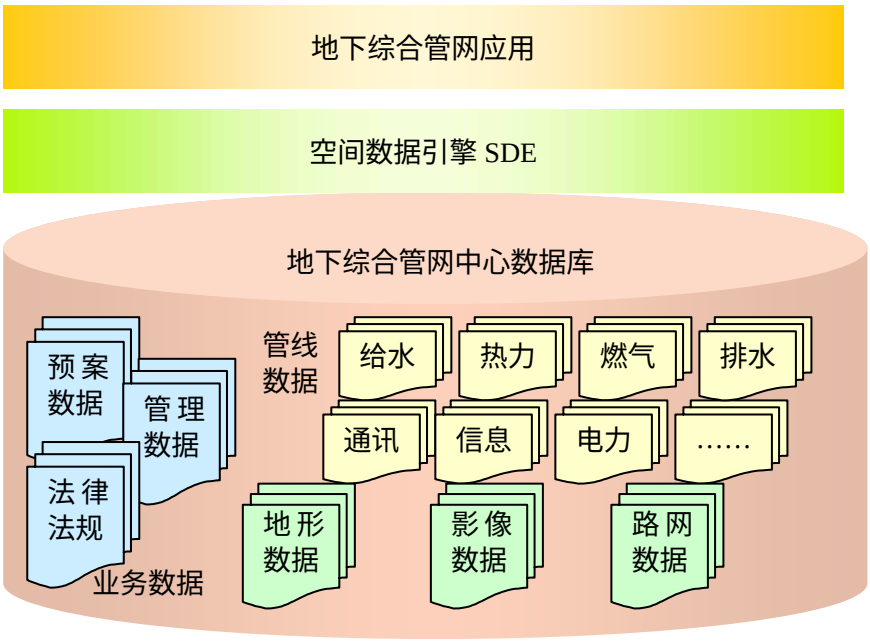
2．主要技术要点

2.1 基于空间数据库的海量数据管理方式

系统管理的海量数据包括：基础数据、管线数据、业务数据。基础数据包括：基础地形数据、影像数据、路网数据。管线数据包括：燃气、热力、给水、中水、雨水、污水、电力、路灯、信息、通讯等管线数据和管线附属设施数据。业务数据包括：预案数据、法律法规数据、管理数据等。这些数据叠加在一起，包括了分布在北京市政管委所辖的五环内 600 多平方公里的地理范围内，仅现势数据量就在几十 GB 以上。对于如此海量的空间数据，要实现数据的集中管理、方便地进行各类空间、时间、属性组合下的查询、统计、分析等，在数据存储、管理方式、查询速度等方面提出了很高的要求。

大型关系型数据库（RDBMS）+ 空间数据引擎（Spatail Database Engine）实现的空间数据库技术是目前成熟和有效解决海量空间数据管理的最佳路线，如图 4 所示。空间数据库是基于多层体系结构的，用于高效地存储、索引和访问维护在 RDBMS 中的矢量、栅格、元数据及其它空间数据。

图 4　基于空间数据库的海量数据管理方式



空间数据库的特征如下：

- ❑ 为任何支持的客户应用提供空间数据服务；
- ❑ 通过 TCP/IP 横跨任何同构/异构网络；

- ❑ 提供基于文件的系统到 RDBMS 的管理数据系统的平滑升迁；
- ❑ 以一种连续的、无缝的数据库管理大型地理要素；
- ❑ 通过标准的 SQL/API 提供空间数据的查询、检索和存取；
- ❑ 真正的 Client/Server 计算环境；
- ❑ 跨越 Internet 提供公开的空间数据访问。

2.2 实现异构异质数据自动抓取的中间件（PowerDE）

系统现有数据来源不一，其中基础数据来自北京市测绘主管部门和信息资源中心；管线数据来自各权属单位，业务数据则来源于市政管委内部办公和外部协调的业务工作。这些数据标准不统一，版本不一致，管理方式不相同。

强网公司通过多次实施相类似的项目，在实现异构异质数据交换方面积累了很多经验和成果，其中包括基于中间件技术实现的数据交换中间件 PowerDE (Powernet Data Exchange)。通过在分布的数据端部署 PowerDE，可以实现数据变化监控、更新抓取、格式转换等工作，达到数据共享、资源整合。考虑适应各权属单位现有管线信息系统现状和管理现状的因素，以及部署成本和对网络带宽的要求，PowerDE 的职责可以分别划由数据交换代理（DE Agent）和数据交换网关（DE Broker）两部分协同完成（如图 5）。

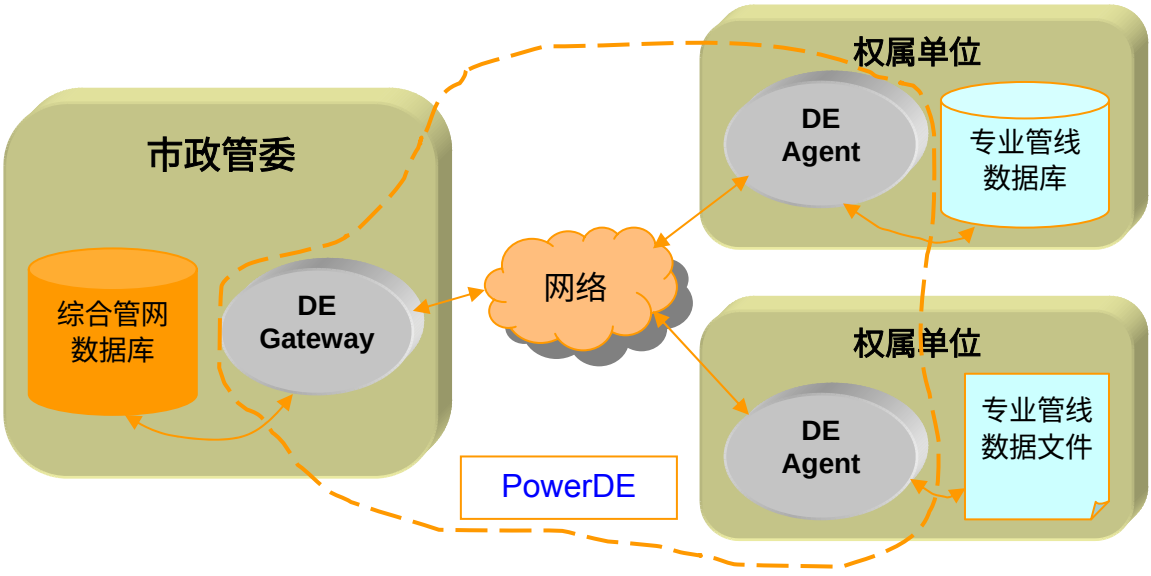


图 5　基于中间件技术的数据交换中间件 PowerDE

其中数据交换代理（DE Agent）是部署在各数据源单位的中间件，数据交换网关（DE Gateway）是部署在市政管委的中间件。这 2 个中间件分别完成如下功能：

❑ 数据交换代理（DE Agent）

实时监控各数据源单位中现有系统的数据变化，根据配置（数据类别、数据字段等），提取变化的数据（如果源数据以文件方式存储，则整个提取；如果源数据以数据库方式管理，则可以增量提取），将格式、内容进行绑定，转换为标准格式（二进制、XML、GML 等）后，和权限认证信

息一起打包、压缩，加密，通过 TCP/IP 协议提交给部署在市政管委的数据交换网关（DE Gateway）。任何数据的提交情况，都记录到日志中。

- **数据交换网关（DE Gateway）**

实时监听各数据交换代理（DE Agent）发出的数据提交请求，接收数据包，解密，解压，安全认证，根据格式、内容绑定信息，按照数据标准对数据进行转换和处理，最后更新到市政综合管网系统的数据库中。所有数据接收情况的信息都记录到日志中。

2.3 面向对象的软件工程方法

市政综合管网的整合和改造是一个复杂的系统工程，只有严格遵照科学的软件工程方法，才能保证项目的成功实施。

相较于传统的软件开发方法，采用面向对象的分析设计方法，使用 UML 来描述需求、记录分析，展示设计，作为客户和实施者间的沟通语言，能够促进需求和设计的有机统一，有利于揭示现实事物间的复杂关系，提高软件的实用性、可复用性、可扩展性，提高开发效率。

依据我们的项目实施经验，按照软件工程规范，做好需求确认与迭代、需求变更控制，程序版本化控制等工作，能够明晰项目实施的里程碑，清楚界定各个阶段的检查范围，有利于形成科学的资源调配方案，减少重复劳动和沟通成本，是保证项目按计划成功实施的关键因素之一。而严格遵守软件工程的各种开发、质量控制等的文档规范、过程规范，则有助于降低风险，方便管理，保证质量。

2.4 基于原型的迭代开发模式

依据系统的工程实施要求，任务重，工期紧，只有采用合理的开发模式，才能保证项目的如期完成。

在参与投标的过程中，结合我们对系统工程实施要求的理解以及以往项目实施的成果，我们基本完成了一个原型系统的搭建工作（可参见后续系统设计有关内容），之后的工作就是完善已有功能，开发其余功能。再辅之以科学的任务分配、项目管理、同级测试（开发和测试基本上同步进行），能够切实缩短项目开发周期，同时也保证工程质量。而及时邀请最终用户对已有阶段成果进行检查、确认，收集反馈意见，在版本界定范围内进行迭代开发，则是软件实用性的有力保证。

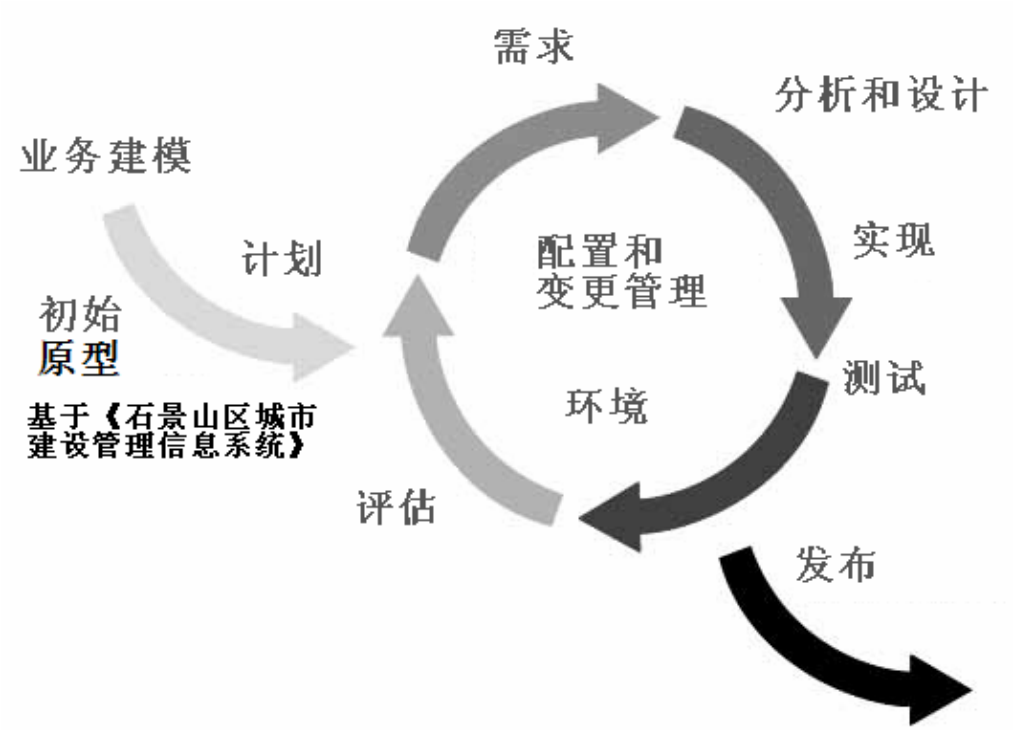


图 6　基于原型的迭代开发模式

2.5 基于组件的应用系统框架（PowerGRP/Spatial Framework）

组件技术以前所未有的方式提高了软件的生产效率，也使得面向对象技术进入到成熟的实用化阶段。而拥有一套面向某一类应用领域的系统框架，基于此框架，构筑具体应用，是实现系统性和可扩展性相结合、保证项目快速实施按期完成的有利条件。

作为技术积累，我公司基本形成了“基于 GIS 的电子政务应用框架（PowerGRP/Spatial Framework）”，如下图 7 所示：

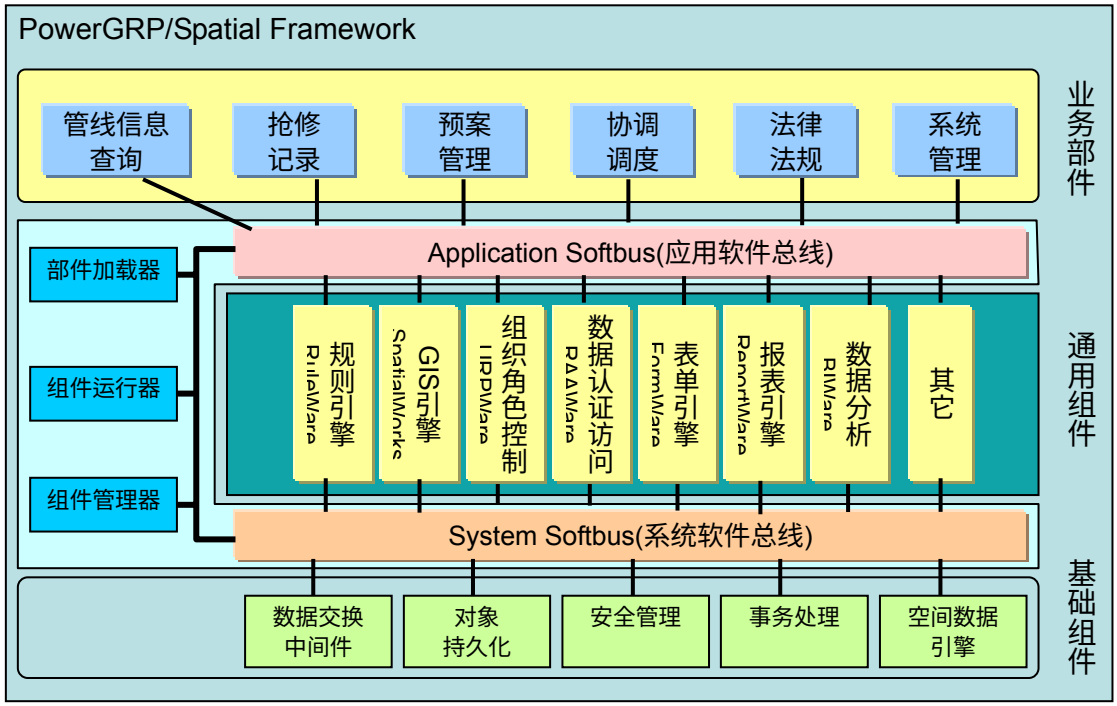


图 7　强网基于 GIS 的电子政务应用框架 PowerGRP/Spatial

该框架平台，面向市政管理应用，基于插件技术实现，具备良好的系统性和可扩展性，包括四大组成部分：框架核心、基础组件、通用组件和业务部件。

- **业务部件**

通过对市政管理业务的分析，将业务组件分类组织为市政设施管理、业务应用、预案管理、决策会商、系统管理等五部分以及其他扩展应用，形成业务部件。框架平台中，这部分内容需要和具体业务绑定。

- **通用组件**

是业务部件的底层支持组件，其中，规则引擎为数据认证访问、应用级部件的业务规则提供规则处理服务；组织角色组件以统一方式管理系统的角色、用户、权限等；GIS 引擎将应用和 GIS 基础平台隔离的中间层组件，使得应用对空间信息的管理对具体 GIS 软件透明化表单、报表、数据分析提供通用灵活的数据展示、统计报表和分析的通用服务。

- **基础组件**

提供框架的最底层服务，其中数据持久化组件实现数据存储、处理，数据与对象映射，数据缓存；安全管理提供底层的用户身份验证、数据访问控制等；事务处理提供确保一组关联操作正常、完整执行的服务；通用消息引擎提供框架内组件、框架和应用之间的通信；空间数据引擎提供对空间数据库的访问服务；数据交换中间件（PowerDEC）在前面已经说明过，主要用来解决各类异构异质数据的交换。

- **框架核心**

是业务部件、通用组件、基础服务组件有机联系的枢纽通道，其中，部件加载器负责动态加载、卸载和更新框架配置的所有服务组件（包括基础组件、通用组件和业务组件）；组件运行器负责启动以竞加载的组件的运行，提供实时的服务；组件管理器负责所有部件、组件的注册和接口管理，软件总线提供整个框架内组件的互联和通信。

2.6 可扩展性强的先进开发平台.NET

所谓“工欲善其事，必先利其器”，选择一个先进、方便、快捷的开发平台，是软件项目沿上述路线高效开展的现实保证。

.NET 是 Microsoft 提出的一种先进的分布式计算模式。在这种计算模式中，数据和指令以 XML 语言来描述，XML 是各种设备都能理解的通用语言，而 Web Service 以 Web 方式工作，用来处理使用 XML 书写的指令，并把处理后的结果以 XML 形式返回或输出。通过.NET，所有的联网设备共同组成了一个无处不在的分布式计算平台，能够进行最有效的计算。基于.NET 构筑的系统，可扩展性强，能方便地向外提供各类信息服务，适合市政管理中对市政府、各委办局、各区市政管委、各权属单位以及公众提供信息服务的需要。

Microsoft .NET Framewor 是 Microsoft 提供的先进开发平台，它强调使用 XML 以及用于创建和使用 Web Services 的工具和技术，它具有一致的编程模型、简化的编程方式、可靠的版本机制、轻便的部署管理、广泛的平台支持、简便的代码重用、丰富的调试支持、全新的安全策略、强大的互操作能力等特点，简化了应用程序开发工作，可用于快速构建、部署和执行那些支持 Internet 的分布式应用程序，符合此项目的工程实施要求。另外，对 SmartClient 开发的支持，也是本系统从长远角度出发考虑需要的特征。

3．技术展望

系统完成了燃气、热力、电力、电信、排水、有线电视、路灯等地下管网整合，已经将现有的数据整合到统一的平台，并已经完成一些基础的功能。但这仅仅是个起步，在不断扩展新的应用中还会出现新的课题，这些都是我们需要关注的焦点和努力研究的课题。

通过系统的建设，我们对地下管网信息整合的重要性有了更深刻的体会。以应用为驱动，在地下管网管理方面首先建立空间信息平台，逐步扩大应用范围，是一种可行的地下管网管理模式。我们将在这个方面继续努力，探索和实践这种建设模式。具体来说，本系统建设中已经探索了面向事故抢修协调调度业务双向信息链路技术：当前事故信息，既存在到相关预案、相关视频、相关管线图等的横向信息链路，也存在到相关历史事故（地点相关或者管线相关）的纵向信息链路。下一步，可探索拓展信息链路的范围，实现从隐患管理到事故抢修，再到决策支持等更深层次的信息支持。

就是在随后的系统建设过程中，将逐步把输油管线、基础设施管线等信息整合到系统中，使系统成为“数字北京”的核心基础平台。

系统的核心技术是 GIS 技术，空间信息的整合是重点。开放的空间数据交换标准将真正的实现空间数据的互操作和数据共享；数据库技术的发展和成熟将海量数据的管理和数据分析成为可能；分布式技术的成熟将分布式空间数据的访问、计算、存储成为现实；三维技术的发展将会通过互联网把人们带到一个虚拟的地理环境中；无线通信技术将 GIS 应用从室内带到室外，极大扩展其应用，并使其成为主流的 IT 技术领域之一；GIS 将与 OA、MIS 等系统相结合。这些技术的发展，将推动北京市市政管理各相关部门信息流和业务流的统一，进一步提高市政综合管理和公共服务水平。

城市地下管线信息系统质量保证机制探讨

朱顺痣
（厦门理工学院计算机与科学系　厦门　361005）
（厦门大学系统与控制研究中心　厦门　361005）

摘要：本文以厦门市地下管线探测及信息化建设为背景，对城市地下管线信息系统开发、实施过程中的质量保证机制进行了具体的探讨，分别从系统标准制定、开发阶段控制、引入第三方进行全过程监理、专业的软件评测机构等方面对系统进行全面的质量控制，取得了比较满意的结果。为城市地下管线信息系统建设提供了参考思路。

关键词：地下管线；信息化建设；质量保证

1　前言

地下管线是城市基础设施的重要组成部分，是城市建设、规划和管理的重要基础信息。城市地下管线包括给水、排水、燃气、电力、电信、广播电视、热力、工业管道等几大类，它就像人体内的“神经”和“血管”，是城市赖以生存和发展的物质基础，被称为城市的“生命线”。

厦门市 1995 年曾开展过管线普查工作，由于采集的管线信息不全、GIS 技术相对落后、管理体制不健全及未能实现动态管理等原因，使管线信息逐渐失去其现势性和实用性。2003 年我们应用先进的探测技术、计算机技术、GIS 技术和管理理念等开展新一轮地下管线数据采集和信息化建设工作，力求真正实现城市地下管线的信息化管理。下面详细介绍信息系统建设中的质量保证问题。

2　地下管线信息化建设的目标

2.1　总体目标

地下管线项目建设旨在提高城市建设整体管理水平，确实发挥地下管线档案资料在城市规划、建设、管理和防灾减灾中的作用，推进城市信息化和“数字城市”建设。结合厦门市本身的实际情况，本着高起点、高标准的原则，制定出具有一定前瞻性的项目总体目标：建立综合地下管线信息管理系统、各专业管线管理信息系统，建成分级、分布式的地下管线数据库，建立市地下管线数据与系统维护管理中心，建立公共数据交换服务平台，建立具有空间化、数字化、网络化、智能化和可视化的技术系统，建立确实可行的信息更新机制，实现地下管线信息的动态管理，为社会提供多元化的服务，为提高城市管理效率及城市可持续发展提供决策支持。

2.2 系统目标

（1）以探测规程和普查流程为依据，建立探测成果的计算机监理机制与实施规定。

（2）遵循“外业勘测—内业成图—建立管理信息系统”的一体化建库模式，利用高自动化的技术手段建设高精度、高可靠性的地下管线数据库。

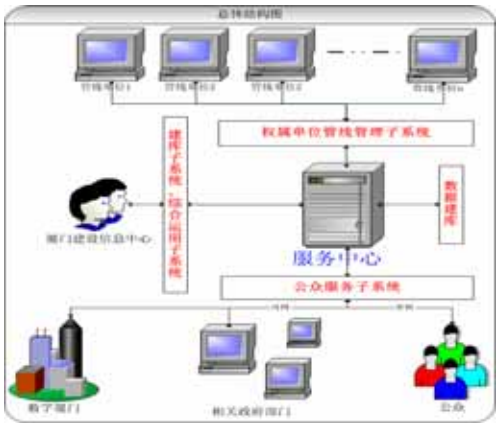
（3）为实现动态更新与业务管理，在工程完工之后覆土之前进行竣工测量将新获取的数据输入数据库，对地下管线数据库进行更新。

（4）以地理信息系统为核心，实现任意断面生成、网络分析、管线工程规划综合、管线工程辅助设计等复杂的具有空间决策支持和专家系统雏形的分析与设计功能。

（5）实现系统功能实用性，达到满足不同需求层次应用的目的。考虑系统设计的开放性，提供系统的广泛应用潜力。注重系统的技术前瞻性，保证系统长期运作的升级能力。

（6）实现开放式的数据共享，为用户其它系统调用地下管线信息系统数据库提供保证。

2.3 系统框架



厦门市地下管线信息系统主要包括：建库子系统，综合应用子系统，动态更新子系统（客户端），公众服务子系统（内网、外网）等五个专业子系统。各子系统均具有相对独立的功能体系，既满足不用的应用需求，又相互构成完整的地下管线信息系统框架。共同构建以数据管理为中心，和市政府有关部门、专业管线权属单位等互联的远程通信网，实现分布式应用和集中管理的管线信息系统，系统框架见图1。

图 1　系统框架图

在选择 GIS 软件平台时主要考虑如下因素：价格性能比和项目应用需求，应能满足不同层次子系统的管理要求，系统在维护方面要求条件低，系统的扩展性能好，特别是能与各种类型数据库和其它 GIS 软件相互转换，系统的技术支持和二次开发能力强。为此，最终选择 ArcInfo + MapObjects + ArcObjects + ArcSDE + ArcIMS + Oracle 的组合方案。

2.4 标准化建设

地下管线信息系统是一个开放的系统，系统建立按照统一的数据编码与规范，实现数据格式标准化。在信息的收集、处理、汇总和传递过程中建立统一的数据接口，保证各层次之间形成高效规范的体系，确保对各种信息的高效收集和利用，最终达到与其它应用系统的资源共享。

系统开发使用的各种技术标准除了符合国家、行业及厦门市有关技术规定，还符合以下标准：

（1）《厦门市地下管线探测及信息化技术规程》；

（2）《厦门市地下管线探测计算机成果技术规范》；

（3）《厦门市地下管线系统数据建库规范：1:500、1:1000 地形图数据建库》；

（4）《厦门市地下管线系统数据建库规范：地下管线数据建库及动态更新》。

3 项目组织

3.1 人员组织

为了保证该项目的顺利实施，必须要有一个完整、强有力的组织实施体系，即建立一个由建设方、开发方的项目协调管理委员会，负责整个项目的管理协调工作，同时双方指派一名主管技术人员担当项目的项目经理，以负责项目的组织实施工作；由项目开发方指派一名具有丰富的项目技术经验的高级技术主管担当项目的技术总监，负责项目的所有技术工作。下面根据不同的实施分工设立五个实施小组，分别是数据准备组、技术开发组、标准与质量控制组、技术培训组、专家咨询组。

（1）数据准备组：负责项目所需的资料和数据整理工作，是项目得以正确、顺利实施的基础。

（2）技术开发组：负责项目的开发工作，包括开发计划、调研、设计、编码、内部测试。

（3）标准与质量控制组：完成项目实施中有关标准制定、搜寻以及对整个项目质量的控制工作，保证项目在相应质量监控下有序地进行，更加符合用户的使用要求。

（4）测试组：对开发组的软件产品进行测试，提供测试报告。

（5）技术培训组：负责与开发同步的技术工作,包括领导,非领导岗位培训,管理员培训和维护人员培训等。

同时建议成立专家咨询组，负责整个项目实施的技术咨询工作，以保证项目开发过程能顺利进行。

3.2 阶段评审

项目的进行中，将按照系统工程和软件工程的思想以保证系统正确地进行和实施，我们将整个项目进行分为以下几个阶段：

（1）系统需求分析调研、分析设计阶段；

（2）系统概要设计阶段；

（3）系统详细设计阶段；

（4）系统实施开发阶段；

（5）系统软、硬件测试阶段；

（6）系统试运行和验收阶段；

（7）用户培训阶段；

（8）系统维护阶段。

在项目进行中，需求分析阶段、系统概要设计阶段、系统详细设计阶段结束后须向标准与质量控制组及用户提交阶段文档，即需求分析文档、概要设计文档、详细设计文档等，用户以及标准与质量控制组对这些文档进行审核以及标准与质量控制。

由于信息系统的投资和规模较大，时间紧，为了有效降低开发风险，采用“螺旋模型”的开发模式，引入风险评估机制，并在需求分析、概要设计、详细设计阶段执行严格的阶段评审，聘请相关专家进行认真细致的审核，确保系统按预定目标顺利进行。

3.3 开发测试

系统开发过程中，为了保证软件质量，尽可能发现软件中的错误和缺陷，用户应根据自身的需求认真测试，并积极配合开发方做好系统的测试工作，为此，采用下列措施：

（1）数据的入库和检验：管线数据在进入系统时应由系统数据检查工具对入库后数据进行检查，确保数据完整、正确。

（2）按软件开发阶段严格采用单元测试->组装测试->有效性测试->回归测试的方法逐步进行。

（3）系统建立后进行不少于 3 个月的试运行来对系统进行全方位的考核与磨合，继续完善修改存在的问题。

4 软件监理

为确保厦门市综合地下管线信息管理系统开发的安全和质量，加强系统开发过程的质量控制，我们引入软件监理机制。软件监理工作由广州奥格智能科技有限公司承担，该公司派出由系统设计监理工程师、数据建库监理工程师和测试工程师组成的监理小组对数据建库和系统开发进行监理。

4.1 过程监理

整个系统开发过程大致可分为需求调研、方案设计、开发实施和试运行四个阶段。其中需求调研包括需求调查及分析；方案设计包括技术标准确定、概要设计和详细设计等；开发实施包括详细设计修订、数据检查、数据处理、数据入库、系统模块设计、源程序编写、单元测试、集成测试等；试运行包括系统调试、功能完善、运行环境调试和系统测试等。

过程监理就是对系统开发过程进行全程跟踪检查，有效的控制项目的进度、质量，及时准确了解和把握项目实施中可能出现的各种问题，为建设方和开发方提供技术指导和技术咨询，及时与建设方和开发方进行沟通，对问题进行分析，提出解决的方案和措施。将实施现状与规划目标进行比较，并根据实际情况积极与建设方及开发方进行协调，调整实施计划，以保证系统能达到预期目标。

4.2 软件开发监理

系统软件开发监理是本项目的监理重点之一，主要监理工作有：

（1）依据建设方和有关文档对系统的功能要求、使用环境、投资金额和开发周期，为建设方提供技术咨询和协助开发工作指导。

（2）检查开发方提交的软件项目开发计划、采用的技术标准和制定的技术措施是否齐全合理，提供技术指导并协助完善。

（3）审查开发方提交的需求分析报告、概要设计、详细设计和系统功能，指出其中的不足，提出修改意见，与建设方和开发方进行沟通探讨，优化设计方案。

（4）在软件开发实施阶段，检查开发实施计划并提出调整建议，检查编码的规范性，检查开发方测试过程和结果，检查落实开发实施进度。

（5）在系统功能实现方面，监理方根据自身的经验，对系统实现的表现方式提供了一些解决的思路和建议，为最终实现系统的良好的人机交互界面起到帮助作用。

（6）在系统开发后期及提交试运行后，监理方投入了较大的人力进行系统的测试工作，并提交了大量的测试报告。

4.3 数据建库监理

数据是地理信息系统建设的基础，如何保证数据质量及数据标准性、一致性是本次数据监理的重要工作之一，数据建库监理主要工作有：

（1）对本项目的数据进行需求分析，协助制定数据规范和地形图建库技术说明书。

（2）检查建库实施技术方案，重点审查数据库建库的标准、流程及建库的应用程序。

（3）进行数据处理监理，主要包含处理方法审查、人员投入审查和作业进度审查。

（4）数据查错和质量校核，通过计算机及人工查错的方法对管线数据和地形图数据进行审查校核。

（5）将监理合格的数据进行试入库，进一步检查数据的质量容和精度，确保数据入库的正确性。

4.4 系统测试

系统开发后期，监理方加强对软件的集成测试和功能确认测试，及时就发现的问题督促开发方进行修改、完善，并查阅部分测试报告。在确认系统功能测试通过、模块完整后，建议系统进入试运行阶段。

系统试运行阶段，监理方抓紧进行系统测试，并积极与建设方及开发方沟通，尽早解决发现的软件缺陷和错误，提高易用性与方便性。在确认系统功能与需求分析完全一致，并且稳定可靠的情况下，建议系统进入验收阶段。

系统监理工作中，监理方投入了较大的力量进行项目的测试工作，在试运行前期、试运行期间都指派测试工程师对系统进行全面的测试，提交测试报告和解决问题的建议，对系统按时完成起到了保证作用。

5．软件评测

为了对系统进行全面的测试和评价，我们聘请福建省软件评测中心对厦门市综合地下管线信息管理系统进行了评测，主要就系统功能设计与实现、安全性、可靠性、易用性、可扩展性、效率、用户文档等七个方面进行评测，对 5 个子系统的所有功能模块进行测试，详细审阅用户文档，对多个核心模块的运行速度进行测试。测试结果为：系统功能性和用户文档评为优秀等级，速度测试大部分功能调用都能在 5 秒以内完成，个别功能如管线长度统计、打开工作空间等由于数据处理量大、数据处理复杂等原因，需要几十秒甚至上百秒才能完成，对于综合地下管线应用系统来说，这样的速度是正常的，也是满足要求的。

6 结论

经过开发方、建设方和监理方的密切配合、严格把关、及时协商处理存在的疑难问题，厦门市地下管线信息系统不论在软件开发，还是在工程监理、项目管理等方面均实现了预期目标，积累了丰富的经验。管线数据探测成果精度高，信息系统通过福建省软件评测中心的评测，并获得优秀等级。项目采用的技术方法、取得的技术成果、管理模式、管理机制和项目实施经验等处于国内领先水平，为我国城市地下管线信息化建设提供了成功的范例。

参 考 文 献

1 城市地下管线探测技术规程. CJJ61—2003. 北京.
2 区福邦. 城市地下管线普查技术研究与应用. 南京：东南大学出版社，1998.
3 林广元. 厦门市地下管线探测及信息化实践. 测绘通报，2005(4).
4 李满春,任建武等. GIS 设计与实现.科学出版社，2003.
5 张清浦. 政府地理信息系统. 科学出版社，2003.

ArcGIS 在三维管网中的研究与应用

乔志勇[①] 赵冬冬[②] 焦洁[③] 曲守宾[③] 杨晓丽[③]

① 厦门精图信息技术有限公司
② 东北大学
③ 沈阳市城建档案馆

摘要：本文结合笔者在城市三维管线信息化工作经历和心得，简要介绍使用 ArcGIS 实现三维管网虚拟仿真的过程，希望本文能够为我国城市管线信息化建设中实现三维虚拟仿真提供参考和借鉴。

关键词：管线 三维仿真 建模

Abstract: This paper mainly describes the process of the implementation of the 3-Dimensional of pipe virtual system using ArcGIS, with which the practice of the author working in the information realization of the city 3-Dimensional. It is hope to be good for the development of the city pipe 3-Dimensional virtual realization of our country.

Key words: Underground-Pipe, 3-Dimensional Virtual, Modeling

1．引言

随着城市管线信息化建设步伐的加快，全国各大中城市纷纷建立起管线信息管理系统，实现对城市建设中的各类管网资源进行综合有效的信息化存储管理，提供各种查询、分析和统计等工具，为城市规划工作提供科学的辅助分析和决策支持手段。然而，由于缺乏必要的技术保证以及软硬件条件的限制，在这些系统中，管网一般以二维方式进行显示，表现手段单一，无法直观地反映各管线间的空间位置关系。

由于管线用途的特殊性和复杂性，其布设遍及地下、空中、水下等，只有通过三维方式才能够真实反映其空间位置关系。近几年，随着虚拟仿真技术、管网探测技术的不断发展和软硬件条件的改善，使三维 GIS 仿真技术的实现成为可能。通过建立三维的管网仿真场景，为操作人员提供必要的三维人机交互性和自主性，真实反映在交错复杂条件下管线之间的位置关系以及管线与周边地物的位置关系，并提供必要的三维辅助分析及决策工具，已经成为各城市的建设规划部门在城市信息化建设中的迫切需求。

本文结合 ArcGIS 提出的三维管线虚拟仿真实现方案，对管线进行三维可视还原，配合周边地物，直观真实地反映管线空间现状，希望能够为国内各城市管线信息化建设的三维仿真提供一些参考和借鉴。

2．三维数据处理

管线三维仿真的实现过程比较繁琐和复杂，要求拥有详实的矢量化地理信息数据，并建立三维模型，将三维模型导入到系统的模型符号库中，生成三维互操作场景。可喜的是，ArcGIS 为三维仿真提供了强大的支持，包括三维可视化（3D Visualization），三维符号（3D Symbology），三维地理处理（3D Geoprocessing）等方面的支持。ArcGIS 的 3D Symbology 不仅提供了包括真三维符号（True 3D Symbols）和现实纹理（Realistic Texture）的支持，还允许用户根据自己需要建立扩展符号。

三维管线仿真环境的实现过程如图 1 所示：

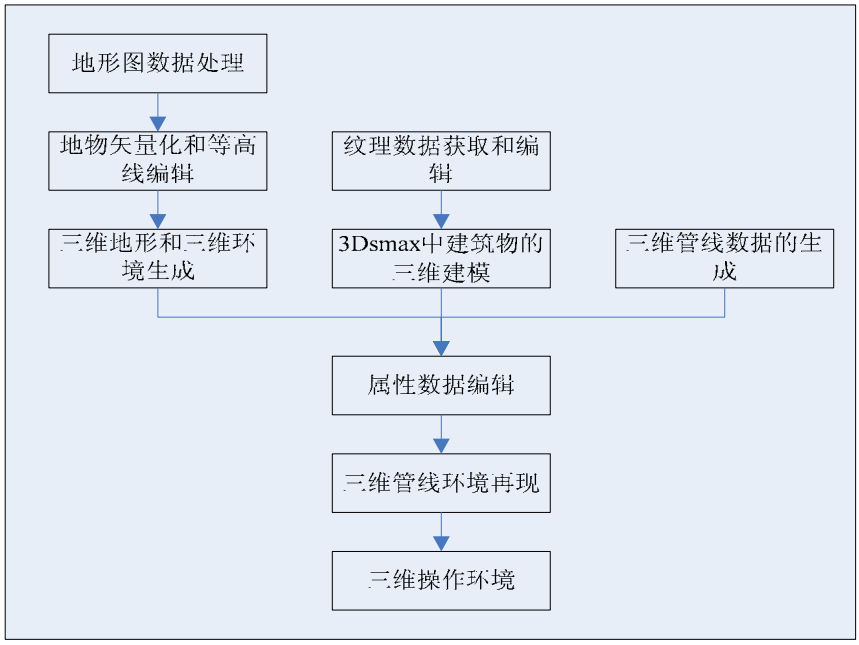


图 1 三维管线仿真环境的实现过程

2.1 地形图数据处理

三维管线系统可采用 1：1000 或更大比例尺的带状地形图数据，按照系统的建设需要建立相应的点、线、面要素图层，并进行矢量化。利用 ArcGIS 提供的等高线处理工具，实现对地形图等高线进行简化、抽稀、光滑等处理操作。对已经进行等高线处理的地形图，可利用 ArcGIS 的 ArcToolbox 工具，根据其高程值建立 TIN，所建立的 TIN 示意图如图 2 所示。

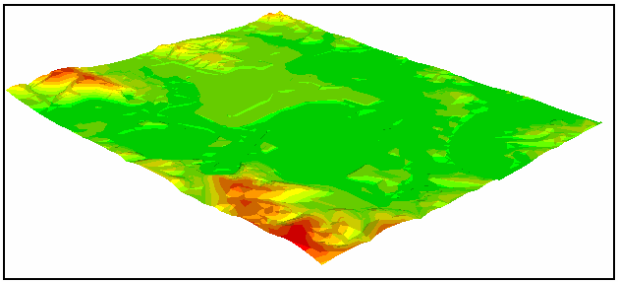


图 2 TIN 示意图

2.2 地物数据处理

由于管网三维仿真对地物的真实度要求并不高，另外考虑到大量三维模型数据处理的复杂度以及处理效率，并不要求系统能够完全真实反映所有地物。

从国内城市三维管网信息化建设的需求来看，目前三维管网仿真只需要能够在一定程度上反映管线与周边地物的空间关系。因此，在对地物进行建模时，对地物模型进行适当的划分，根据不同种类的地物模型采用不同的三维建模方式，可有效降低三维建模的复杂度，提高了系统的处理速度，解决三维仿真中大数据量处理的瓶颈。

地物模型主要分为简单规则模型和特殊规则模型两类。

2.2.1 简单规则地物模型

简单规则模型是指横切面是比较规则的地物，不需要进行复杂的建模，只需要通过样式替换或者简单的面状拉伸就可以达到三维仿真效果的模型。

对于简单规则的点状类型要素如树、灌木、电话亭、路灯等，ArcGIS 提供了丰富的样式用于提供这些简单模型的建立，这些样式完全可以满足三维管网仿真中对普通地物的建模要求。

另外，对于一些简单的面状要素，如普通民房等非标志性建筑，亦可采用 ArcGIS 所提供的样式库来建立其模型。通过将面要素转化为点要素，采用固定楼层高度和楼层层数计算建筑高度，并增加墙面纹理、屋顶形状和简单规则截面形状等，如图 3 所示。这些非标志性建筑，无需真实反映其外观轮廓，利用二维 GIS 数据动态扩展成三维模型，数据量少，操作方便，可以节省大量的建模时间，并可减少系统运算复杂度，提高系统响应效率。

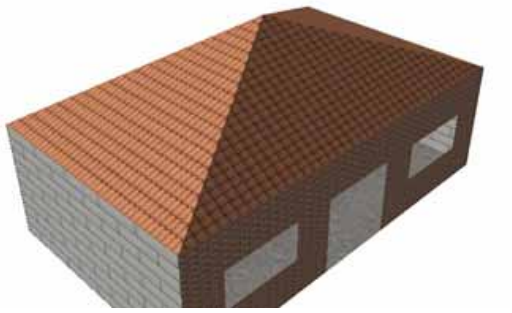


图 3 简单规则地物模型

2.2.2 特殊复杂地物模型

对于一些数量较少但特征比较明显的标志性建筑，如体育馆、市政府、会展中心等这类大型地物，如果以更逼真的方式现实，将能够取得较好的显示效果。这类标志性建筑，往往结构较为复杂，ArcGIS 所提供的样式库无法保证其真实度，所以需要借助 3DS MAX 三维建模软件以辅助贴图的方式来完成建模。

下面以复杂建筑物为例，介绍如何实现这些特殊规则地物模型的建模。

1．数据测绘

按照已经建立的标准对建筑物进行实地勘测，勘测内容应该包括建筑物的形状、长宽高等基本信息，这些勘测数据应该尽可能真实反映建筑物的实际情况，以便在三维环境中建立逼真的仿真模型。

2．三维模型建立

按照已确定的坐标系为标准，以建筑物模型的底面中心作为坐标原点，根据测绘所获取的数据建立建筑物的三维模型。

3．三维渲染与贴图

已经建立的三维模型颜色单调，材质单一，这些问题可以通过三维渲染和贴图的方式来解决。首先需要使用数码相机对建筑物进行拍照，然后根据建立的三维模型取出合适角度的照片，进行适当的拉伸和扭曲，做成位图，通过 3D MAX，根据贴图坐标进行贴图。初步贴上的图在建筑物上是很不规则的，所以还需要进行适当的角度调整和渲染。

4．模型输出

模型制作完毕后，将其保存为 3DS 格式。ArcGIS 的样式管理器能够支持将这些 3DS 格式的样式的导入，以便将建筑物以合适的模型替代。

5．模型导入

ArcGIS 的要素转点工具可以实现将面要素转换成点状要素，将该点状要素的符号属性设置为三维符号，通过符号选择器将已经建好的三维模型导入到三维符号库中。

三维仿真示意图如图 4 所示：

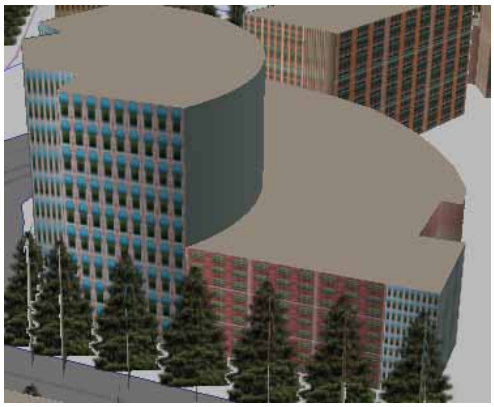


图 4 特殊复杂地物模型的建立

2.3 三维管网数据生成

三维管网设备大体可分为管点和管线两类。

管点根据管线类型及用途的不同，由不同的管线点设备组成，如窨井、消防栓、阀门等。我们按照国家有关管线设备的二维管点符号规定，定义管点设备的三维符号与样式库。使用 3DMAX 建立各类管点设备的模型，保存为 3DS 文件格式，并使用符号转入器将这些三维管线点设备符号转入符号库中。在三维仿真的符号化过程中，根据管点的类型、埋深等信息，利用已经转入符号库中的管点符号，将管点要素符号化。

三维管线根据横截面形状可大致分为方形管和圆形管两类。这两类管线的三维建模，均可采用 ArcObject 的多片（MultiPatch）方式实现。其中，方形管模型由四个片组成，每个片由四个坐标生成；圆形管模型将管线的外环划分成多个片（片数越多，描述越精确），通过这些片的组合可形成圆管的三维模型。在管线三维建模过程中，根据管线端点坐标以及管径，通过空间解析几何建模，获取管线各个片的顶点坐标，然后通过使用 ArcEngine 提供的 IMultiPatch 接口，将这些点集合生成多片，通过组合生成管线的三维多片模型数据。各管线的管点坐标、起点埋深、终点埋深、管径大小（对于方管，存储管横截面的宽度和高度；对于圆管，存储横截面的半径）和管线类型等信息均通过 GeoDataBase 空间数据库进行存储和管理。

3．三维管网仿真的实现

3.1 总体设计

系统的总体设计采用多层 C/S 体系结构，分别为：数据库服务层、数据接口层、ArcGIS 服务组件层和三维仿真应用层，每一层分别为其上层提供服务和支持。

其中，数据库层存储了经过加工处理的三维地理数据、三维仿真控制数据（包括三维显示参数设置数据、三维金字塔参数设置数据等）和 3DS 模型库数据，数据接口层采用 ADO.NET 技术实现对属性信息数据的访问，地理信息数据通过 ArcSDE 中间件技术从 GeoDataBase 的三维空间库中进行获取，ArcGIS 服务组件层采用 ArcEngine、ArcScene 控件提供二维与三维环境的基本处理功能，而三维仿真应用层实现将三维仿真虚拟环境呈现给用户。

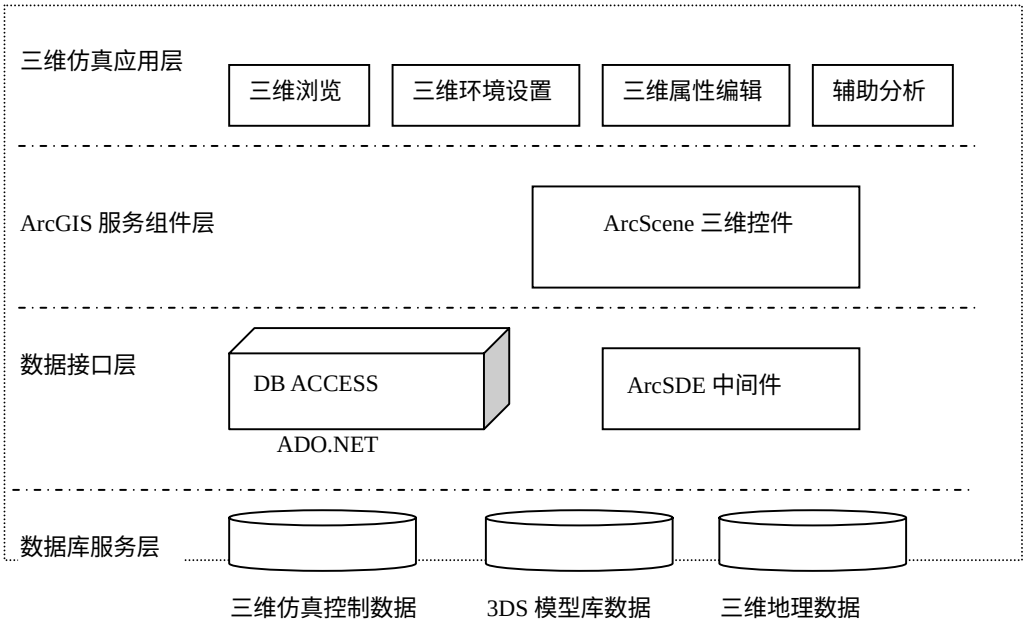


图 5 总体设计图

系统采用二维与三维交互的方式实现三维管网图的浏览，用户使用三维管网图生成工具在二维平面图中选择要生成三维管网图的区域，系统根据所选区域动态生成该区域的三维管网场景，如图 6 所示。

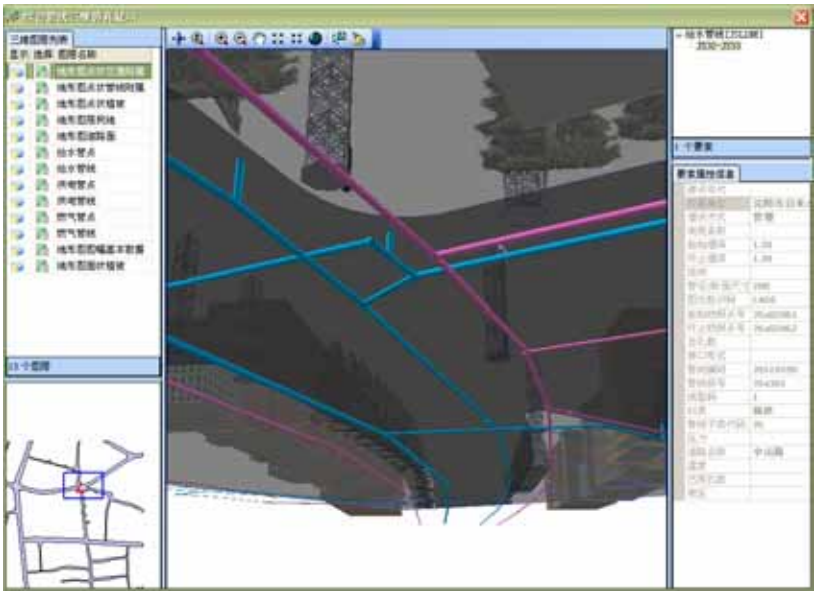


图 6 三维管网模拟示意图

三维管网系统充分挖掘三维仿真在管网中的作用，再现真实的管网场景，提供基于三维环境的导航、飞行、放大、缩小、观察点设置、收缩视野、扩展视野和平移等功能。

为了使用户在三维漫游过程中同时对管网和周边地物要素的属性信息进行了解，系统还提供了标注设置和显示功能，用户可以根据需要定义标注内容、标注格式和显示位置等。系统提供基于图形和

属性数据的双向查询定位功能，用户可以通过检索属性查询定位到管网设施，在点击图形要素时，系统可弹出属性信息对话框，显示该要素的详细属性信息。

系统提供了基于三维管网的辅助分析功能，能够进行管网水平净距、垂直净距分析、覆土分析等，这些功能比二维的方式更直观，更真实。另外，三维管网事故点分析、三维事故影响范围再现等功能主要用于辅助施工维护人员进行管网施工维护。

3.2 三维管网在规划建设中的应用

三维管网在城市规划建设中起着非常重要的作用，其应用主要体现在以下几个方面：

（1）真实环境再现

二维管网图由于其技术的限制，无法充分表达出管线在空间位置上与其他管线、周边地物的空间位置关系，只能通过横断面或纵断面分析图来间接反映管网空间关系，很大程度上造成规划分析人员的理解偏差。三维管网仿真技术根据管网空间数据准确生成管网空间关系图，真实反映管网与管网之间、管网与其他地物的位置关系，规划分析人员可通过视角、视点等调整功能，从不同视角进行观察，准确掌握管网空间位置关系，如身临其境一般。

（2）辅助管网维修

二维管网系统，在管网复杂交错的情况下，无法清晰表达各管网之间的关系，给管网施工维护人员进行管网施工造成很大的困难。三维管网不仅只是简单再现管网空间关系，还可通过三维管网事故分析、三维管网上下游追踪等分析功能，辅助维护人员迅速定位事故发生点和事故影响区域等。

（3）辅助城市建设规划分析

由于三维管网是一个基于真实数据的仿真再现，而不是以往的虚拟动画，其数据都是经过量测的基础管网数据。因此，三维管网仿真能够在城市建设规划分析中起到辅助施工控制的作用。比如，在城市道路施工或建筑物施工中，通过三维管网再现其空间位置关系，以便施工规划人员在可预见的条件下避开管网，选择其他位置进行开挖，避免由于盲目施工而造成管网破坏。

4．小结

城市信息化建设的步伐逐渐加快，各大中城市都加强数字城市建设的投入，城市管线作为城市发展的血脉，在城市规划建设和日常安全建设中的作用不可忽视，三维管网虚拟仿真技术以其再现真实管网场景的优势，将在城市管线信息化建设中发挥更大的优势。

参考文献

[1] ESRI 中国（北京）有限公司. ESRI ArcGIS 系列产品在地下综合管线管理中的解决方案. 2004，10932 .

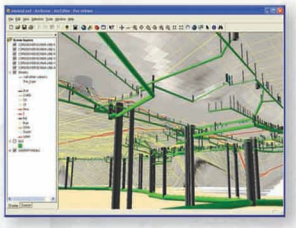
[2]林卉，赵长胜，孙建文. 数字校园 3 维建模与仿真的实现与设计[J]. 测绘通报, 2004,6(20):10-12 .
[3]肖乐斌，钟耳顺，刘纪远. 三维 GIS 的基本问题探讨[J]. 中国图像图形学报, 2001,6A (9):842-848 .
[4]李青元，林宗坚，李成明. 真三维 GIS 技术研究的现状与发展[J]. 测绘科学, 2000,25(2):47-51 .
[5]张立亭，陈竹安，刘海飞等. 三维可视化校园图的制作[A].东华理学院学报, 2004, 2(27):21-23.
[6]ESRI 公司. ARCGIS 9.0. Developer help[M/CD], http://www.esrichina-bj.cn, 2003-10-20.
[7]黄心渊.3DMAX R4 标准教程[M].北京:人民邮电出版社,2001:15-28.

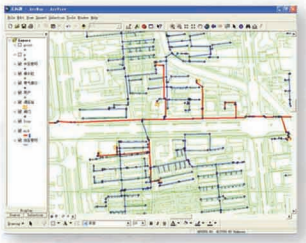
选择卓越　ArcGIS与您共筑未来

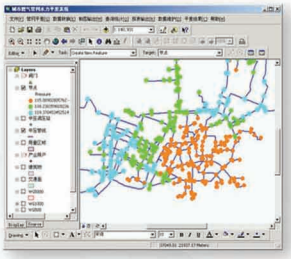
gis helping manage our world

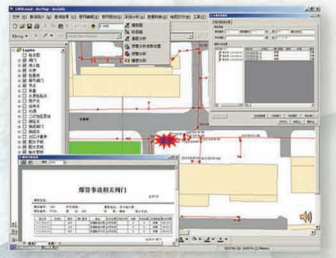
只有站的更高 才能望的更远……

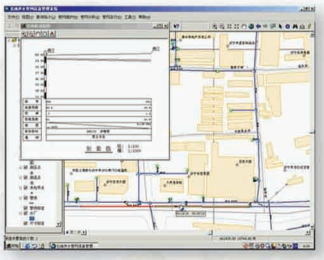
选择全球领先GIS技术——ArcGIS
携手全球最大GIS厂商——ESRI
与世界各地超过100万人一起
站在GIS技术前沿
展望管线信息化未来的风景



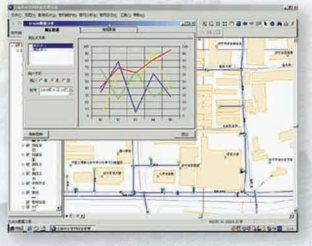


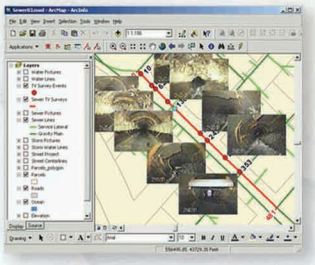












ESRI——全球最大的GIS技术提供商

美国环境系统研究所公司（Environmental Systems Research Institute, Inc. 简称ESRI）成立于1969年，是全球最大的GIS技术提供商。公司自创建之初就一直引领着世界GIS技术的发展潮流，扮演着技术领先者的角色。其技术领先、思维独特、功能强大、体系完善、可灵活扩展的ArcGIS系列产品已遍布全球两百多个国家，全球每天都有来自政府部门、城市管理、应急指挥、教育、水利、地质、测绘、石油、公共卫生、电力、军事、航空、航天、商业、物流、电信、规划、土地、房产、金融、环保、林业、农业等国民经济各个领域，超过一百万人在使用ESRI公司的GIS技术。

- ◇ 长达三十多年专注研究
- ◇ 引领GIS技术发展方向
- ◇ 市场占有率持续领先
- ◇ 创建众多行业成熟GIS应用

全球最大的GIS技术提供商

与您共同关注中国地下管线信息化发展进程！

ESRI 中国（北京）有限公司
ESRI China (Beijing) Limited

http://www.esrichina-bj.cn

北京代表处：
北京市东城区朝阳门北大街8号
富华大厦A座12层D室
邮编：100027
Tel：010-65541618
Fax：010-65544600
技术服务热线：010-65542881
Email：info@esrichina-bj.cn
http://www.esrichina-bj.cn

上海代表处：
上海市徐汇区天钥桥路30号
美罗大厦606~607室
邮编：200030
Tel：021-64268423/24/25/26
Fax：021-64268184
email：info@esrichina-bj.cn

广州代表处：
广州天河北路233号
中信广场3316
邮编：510613
Tel：020-86007565
Fax：020-86007565转102
Email：info@esrichina-bj.cn

成都代表处：
四川省成都市提督街88号
四川建行大厦2606室，
邮编：610016，
电话：028-86080839，
传真：028-86080839转212
Email：info@esrichina-bj.cn

Trademarks Provided Under License from ESRI