

基于 GIS 的全国油气管道安全管理信息系统设计

乔平安, 杨立法

(西安邮电学院计算机系, 西安 710121)

摘要: 管道安全风险评估源于对管道多种信息的收集、存储和加工处理, 为此开发了一套全国油气管道安全管理信息系统。介绍系统中根据管道统计信息绘制和维护管线地理图形的 3 种方法以及管线分段多种属性信息的管理方法, 并对大跨度管线图形绘制以及 MapX 在节点编辑模式下易引发应用系统崩溃的情况提出了有效的处理措施。应用 VB+MapX 模式开发的应用系统已经被用户实际使用, 得到充分肯定。

关键词: 地理信息系统(GIS); 管道安全风险评估; MapX 控件; 管理信息系统(MIS)

Design of GIS-based Petro and Gas Pipeline Management Information System

QIAO Ping'an, YANG Lifa

(Computer Department, Xi'an Institute of Post & Telecom, Xi'an 710121)

【Abstract】 Risk estimates for national petro and gas pipelines' safety are based on collecting, storing and processing of vast variety of their information, and an application for this purpose is developed in Visual Basic 6.0 language with MapInfo MapX control. This paper presents three specifically designed methods of mapping pipelines with MapX in terms of three different kinds of geographic information which can be collected in practice, and a solution for freely segmented pipelines' information managing, as well as a solution for a large span pipeline graph's adaptability to different geographic projections. By using event handler Map_Keyup (KeyCode As Integer, Shift As Integer) in MapX's node editing mode and automatically adding a mid node for a two node pipeline graph, application crash caused by user's pressing key Delete can be avoided. Now, the application is used by user and runs properly.

【Key words】 Geographic information system (GIS); Risk estimates of pipeline safety; MapInfo MapX; Management information system (MIS)

1 概述

中国石油天然气集团公司下辖上百家企业, 其石油天然气管道数量很多、材料多样、分布很广、跨度很大, 管道周围地形和地质环境复杂多变, 管道一旦发生泄露, 对国民经济、人民生活以及生态环境都将造成巨大的影响, 因此管道安全一直是主管部门最关心的问题。为此下发各种文件、制定行政措施是非常必要的。但是, 利用现代信息技术对管道安全进行量化和动态管理, 并通过管道安全性评估及早发现并避免安全事故的发生, 一旦发生事故, 能及时分析事故危害性、及时决策以使损失降到最低。为了实现这个目的, 需要掌握全国主要管道的材料特性、地理分布、周边环境以及管道失效记录等诸多信息, 而设计基于 GIS 的全国油气管道安全管理信息系统就是服务于这一目的的有益尝试。

根据用户的要求, 应用系统需要解决以下问题:

- (1) 制作具有足够精度和现势性的全国分层电子地图;
- (2) 根据统计得到的全国油气管道的地理信息在电子地图上绘制出每条管道;
- (3) 根据统计和调查结果对每条管道建立详细属性信息库;
- (4) 根据统计和调查结果对每条管道建立失效信息库;
- (5) 对管道基本信息、管道详细属性信息、管道失效信息进行统计分析。

大量地理信息(即电子地图、管道分布图)的存在和动态管理的需要, 采用地理信息系统(GIS)技术是自然选择, 而在成熟的GIS平台上进行二次开发则是应用地理信息系统

开发最有效的方法。GIS平台很多, MapInfo提供的GIS平台因功能强大、易于使用, 已在很多行业得到广泛应用^[1]。MapInfo的GIS平台有Professional版和MapX控件^[2]之分, 前者需要利用其提供的专用二次开发工具MapBasic语言进行应用系统开发, 后者则需嵌入到Microsoft Visual Basic等通用环境中进行开发。前者能最大限度地发挥MapInfo地图处理功能, 也能存储和管理非地理信息, 而后者既能利用MapX控件获得必需的地图显示、处理功能, 也能利用VB自身的数据访问功能处理非地理信息(该信息需要存储在Access等数据库中), 更重要的是可以利用VB丰富的控件资源为用户设计出完全符合Windows操作风格的应用程序界面, 最大限度地满足最终用户对操作方便性和功能多样性的要求, 这是GIS软件专用二次开发工具无法解决的问题。基于这种考虑, 本文采用VB+MapX的技术方案设计基于GIS的全国油气管道安全管理信息系统, 设计结果得到用户的充分认可。

2 MapX组件简介^[1]

MapX 组件是 MapInfo 公司向用户提供的具有地图分析功能的 ActiveX 控件产品。由于它是基于 Windows 操作系统、符合 COM 标准的控件, 能支持绝大多数标准可视化开发环境, 如 MS VC++、VB 等, 编程人员可以选用自己最熟悉的

作者简介: 乔平安(1966 -), 男, 讲师, 主研方向: 数据库开发及应用; 杨立法, 教授、博士

收稿日期: 2006-07-05 **E-mail:** paqiao@163.com

开发环境将 MapX 嵌入到应用中。

2.1 MapX 的空间数据结构

空间数据结构是 GIS 基石, GIS 通过地理空间拓扑结构建立地理图形的空间数据模型并定义各空间数据之间的关系, 从而实现地理图形和数据库的结合。

MapX 采用的空间数据结构是基于空间实体和空间索引相结合的一种结构。空间实体是地理图形的抽象模型, 主要包括点 (Point)、线 (line 和 Polyline)、面 (Region 或 Polygon 等) 3 种类型。任何点、线、面实体都可以用直角坐标点 (x,y) 来表示。点可以表示成一组坐标 (x,y), 线和面则均被表示成多组坐标 (x₁,y₁;x₂,y₂;x_n,y_n)。空间索引是查询空间实体的一种机制, 通过空间索引, 就能够快速查询到给定坐标范围内的空间实体及其所对应的数据。MapX 空间数据结构还是一种分层存放结构。用户可以通过图形分层技术, 根据需要或一定标准对各种空间实体进行分层组合, 将一张地图分成不同图层。采用这种分层存放的结构, 可以提高图形的搜索速度, 便于各种不同数据的灵活调用、更新和管理。

2.2 MapX 组件模型

MapX 组件的基本组成单元是 Object (单个对象) 和 Collection (对象集合), 集合对象是多个对象的组合。每种对象和集合负责处理地图某一方面的功能。图 1 示出 MapX 组件模型结构, 其中 Layers (图层集合)、DataSets (数据集)、Annotations (注记) 是 MapX 对象的 3 个重要分支。如果要操作地图图层, 就要用到 Layer 对象和 Layers 集合; 如果要在地图上增加文本或者符号, 就要用到 Annotation 对象和 Annotations 集合; 如果要访问空间数据表, 那就要用到 DataSet 对象和 DataSets 集合。另外从图 1 中也可以看出, 对象和集合是按层次来划分的, Map 是最高层对象, 其它所有的属性和方法都是从 Map 对象继承过来的。

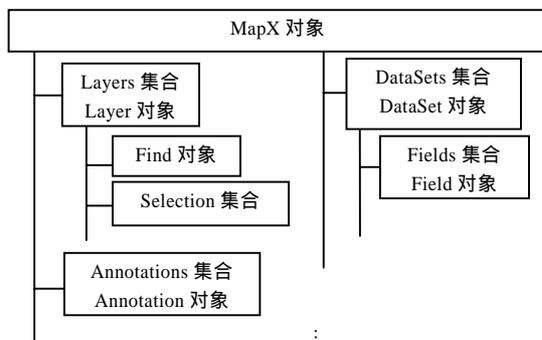


图 1 MapX 的模型结构

3 应用系统设计

按照引言提出的系统要求, 应用系统需提供以下几方面的功能: (1) 电子地图的存储、编辑处理及查询功能; (2) 管道基本信息的存储、编辑处理及查询统计功能; (3) 管道地理图形绘制和修改功能; (4) 管道详细属性信息的存储、编辑处理功能; (5) 管道失效信息的存储、编辑处理功能; (6) 应用系统在线帮助。

由功能要求可见, 应用系统涉及的数据包括电子地图、管道基本信息及管道分布图、管道详细属性信息及管道失效信息。

3.1 电子地图处理

考虑到最终用户并非专业地理信息系统技术人员的实际情况, 在开发应用系统时, 由开发者事先根据要求对纸质的

图进行扫描, 然后利用 MapInfo Professional 对扫描图进行配准并手工矢量化从而编制出符合精度要求的全国分层电子地图 (包括国界、省界、地区界、县界、国都、省会、地区首府、县城、乡镇及主要村庄, 高速、国道、省道、县乡道, 单线河、双线河, 30°、15°、5°、1°、10' 间隔的经纬度网格等图层, 这些图层均以 MapInfo 表的形式存在并组织成 China.gst 文件以供 MapX 控件使用)。在所开发的应用系统中为用户只提供简单的操作如对象选择、地图放大、缩小、漫游、输出、图层控制、地图投影选择、地址精确查询和模糊查询等。

3.2 管道基本信息处理与图形绘制

管道基本信息库 (包含 38 个字段) 由用户提供或现场录入, 应用系统提供编辑处理及查询统计功能。为了增强视觉效果, 对管道信息的统计功能使用了目前流行的统计图控件 TeeChart Pro。

管道地理图形的绘制是根据管道基本信息库提供的或用户调查得到的管道地理信息绘制而成的。管道地理信息有以下 3 种形式:

- (1) 管道起点经纬度、终点经纬度以及中间若干途经节点的经纬度 (海上管道、部分陆上管道属此情况);
- (2) 管道起点地址、终点地址以及中间若干途经节点的地址 (大部分陆上管道属此情况);
- (3) 尚无确切地理信息, 只有约略信息 (部分陆上管道属此种情况)。

面对实际存在的复杂情况, 应用系统建立专门的管道节点地理信息库 (包含字段: 管道序号, 节点序号, 地址, 经度, 纬度) 使用户能自主管理管道途经节点的经纬度或地址信息, 并提供 3 种管道地理图形绘制方法, 即:

- (1) 根据管道途经节点经纬度数据绘制管线;
- (2) 根据管道途经节点地址数据绘制管线 (实际过程是先自动查找地址对应的地点经纬度, 然后根据经纬度绘制管线);
- (3) 用户根据印象在地图上手工绘制管线。

管道图形绘出之后, 用户还可以根据需要对图形进行整形, 如添加节点、删除节点、拖动节点等, 必要时可以删除图形, 利用已记录的地理信息重新绘制。

管道分布图存储在事先建立的 MapInfo 表, 在应用程序中通过 MapX 访问和管理。管道基本信息、管道节点地理信息及其他非地图信息均存储在 Access 数据库, 利用 VB 内置 ADO 控件和 Microsoft Jet 数据库引擎访问。管线图形与管道基本信息通过唯一的管道序号相对应, 并通过编程实现二者的联动, 如: (1) 当用户在地图上选中一条管线时, 与其对应的管道基本信息记录也被选中, 并显示在可见范围; (2) 当用户在管道基本信息表中选中一条记录时, 如果其图形存在, 则使地图窗口调整到管线图形的中心, 并使之被选中; (3) 从管线图形和管线基本信息表均可进入管线信息编辑状态; (4) 删除管线信息时, 管线图形同步删除; 删除图形时, 管线信息仍应保留等。

在 VB 中使用 MapX 控件开发地理信息系统, 使用户操作具有了更大的灵活性。

3.3 管道详细属性信息处理

与管道基本信息的一线一记录方式不同, 每条管道的详细属性信息分为管线设计建造数据、管线属性数据、管线运行数据、管线沿线环境数据、管线损伤数据、防腐层以及管

线维护数据、管线地质灾害数据 7 大类共 162 个属性（应用户要求，恕不公开），每个属性按管道段记录（管道段起止点以距管道起点的公里数计算），对不同的属性划段的方式迥然不同（如图 2 所示），用户要求能方便地处理每条管道的每个属性数据。

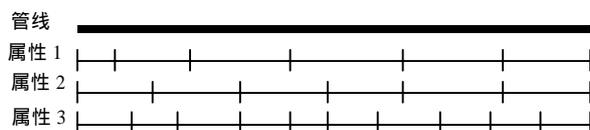


图 2 管道不同属性划段方式示意图

考虑到管道数量众多，每条管道每个属性划段方式不同，每个属性的单位和取值方式也不同，笔者为每个属性建立一个结构相同的独立表以存储不同管道的各段属性数据，所有属性表通过属性定义表统一管理。属性定义表和属性表的结构如图 3 所示。每个属性表的表名统一用其属性 ID 表示，以便根据属性 ID 打开和处理相应的表进行操作。

类别	属性 ID	属性名	属性值类型	选项 ID	可能选项	单位	输入方式	注释
----	-------	-----	-------	-------	------	----	------	----

(a) 管道属性定义表结构

管道序号	起点位置	终点位置	属性值
------	------	------	-----

(b) 属性表结构

图 3 管道属性定义表和属性表结构

由于各属性表结构相同，采用统一界面实现数据编辑处理。为方便用户操作，笔者引用了目前流行的智能化数据表格编辑控件 Component One VS FlexGrid Pro 实现管段划分，大大提高了软件的易用性；同时采用 TeeChart Pro 控件动态显示各属性沿管道长度方向的变化态势，加强了数据分析的视觉效果。管道每段属性的地图显示则利用 MapX 的专题地图予以处理，即用线条颜色、粗细、样式直观地显示管段属性。

3.4 管道失效信息

管道失效信息库用来存储每条管道发生故障的历史记录，与管道详细属性信息库一起作为管道安全评估的重要依据。失效库包含 25 个字段，如管道序号、失效序号、失效位置、失效点距管道起点距离、输送介质种类、事故发生时间、事故发生原因等。对失效信息库可以进行添加、删除、变更和统计操作。

3.5 编制帮助文档

笔者使用 Windows Help Designer Html Edition 编制 html 风格的在线帮助，并嵌入应用系统，为用户操作提供快速帮助，免去了繁琐的用户培训。

4 若干关键问题及解决办法

4.1 大跨度管道图形处理

由于地球表面是一个三维曲面，按某种规则向二维平面投影时，地球表面的物体形状将发生变化。对于大跨度管道，如果不考虑地图投影引起的变化，绘制的图形形状与地图就无法匹配。如一条东西走向的管道长度为三千多公里，只知道其起点坐标和终点坐标，如果简单连线，在通常采用的中国地图投影（即区域保角投影，中央精度约为东经 110°）下，绘出的管线图形与实际地理管线图形就会相差很远。为了解决这个问题，必须对管线图形实施内插，简单办法是将管线等分，按线性内插办法依次求出各中间节点的经纬度坐标，最

后按新节点集绘制管线。划分间隔可取 10km。

实际上，任何一条管线，只要其相邻节点之间距离超过 10km，均需内插。具体步骤如下：

利用 MapX 提取管线图形节点集 按顺序逐个计算相邻两节点的距离 若节点间距离 > 10km 则内插节点 把原节点及内插节点按顺序存入新节点集 按新节点集生成管线图形 用新管线图形替换原管线图形。

4.2 节点编辑模式意外情况处理

在 MapX 中，节点选择和编辑是添加到选择工具中的功能。通过该功能，用户可以添加、更改或删除“节点对象”中的节点，以控制节点对象的形状。默认情况下，MapX 处于“图元编辑模式”（Map.FeatureEditMode=miEditModeFeature）。为了选择和编辑节点对象，须将 MapX 设置为“节点编辑模式”（Map.FeatureEditMode=miEditModeNode）。

但 MapInfo 特别提醒：当前，在节点编辑中不支持事务处理。在选择节点时，请务必小心，不要无意中敲击 Delete 键。此时，没有“撤消”功能。

在管线图形编辑中，用户要求能对管线进行整形处理，即对管线图形能添加、删除、移动节点。当添加或移动节点时，MapX 均可正常运行。惟有删除节点时，如果管线只有两节点（即端点），用户删除了其中一个，MapX 自动将相连的管线图形一并删除，且没有任何提示，开发者无法捕捉此事件，其后果是与图形相关的管线基本信息表不能及时更新，造成数据不一致，引起系统崩溃。

为克服 MapX 这一缺陷，本文采取一种特殊的处理方式：

(1) 每次绘制管线图形时，检查管线节点数。若发现只有两个节点，则自动内插一个位于中心的中间节点，从而保证原始的管线图形不少于 3 个节点；

(2) 用户敲击 Delete 键删除管线节点时，利用事件过程 Map_KeyUp(KeyCode As Integer, Shift As Integer) 捕获用户操作，在其中提取被操作管线的节点数，若发现因删除节点导致管线图形少于 3 个节点，则立即内插一个中间节点。

通过这样两个措施，从根本上避免了用户误操作导致系统崩溃的发生。

5 结束语

本文根据用户要求在桌面环境下应用 VB+MapX 模式开发了一套用于管道数据收集、存储、加工处理、地图显示和统计分析的应用程序，主要服务于后续的用户对管道进行安全评估。开发过程中，对管道地理信息的多样性分别进行了处理，并对随意分段管线的信息收集、存储和加工采取了有效的解决办法。对 MapX 节点编辑模式下用户敲击 Delete 键删除管线最后两节点之一导致系统崩溃的情况进行了分析，并采取了有效措施予以克服。所开发的应用系统已交付用户使用。

致谢 本文的工作得到中国石油天然气集团公司管材研究所的赞助和罗金恒的业务支持，特此致谢。

参考文献

- 1 李连营. 基于 MapX 的 GIS 应用开发[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2003.
- 2 MapInfo Inc.. MapX5.0 开发人员手册[Z]. 2004.