

基于 MapObjects 的配电网 信息管理系统开发

高东亮¹, 林济铿¹, 罗萍萍²

(1. 天津大学 电气与自动化学院, 天津 300072;

2. 上海电力学院 电气工程系, 上海 200090)

摘要: 基于地理信息系统(GIS)组件 MapObjects(MO), 结合面向对象与重用技术, 提出可移植的、面向对象的电力 GIS 图形建模方法。详细论述了图形建模设计中的 MO 基本符号类、电力元件符号类及结构; 数据建模中的空间数据库、属性数据库的设计; MO 中地图符号的绘制方法。以实例介绍了该方法所开发的图形系统, 说明该系统具有良好的应用前景。

关键词: MapObjects; 配电网信息管理系统; 空间数据建模

中图分类号: TM 734

文献标识码: B

文章编号: 1006-6047(2006)05-0065-05

0 引言

图形是工程中最简洁的语言, 在图形界面上实现数据输入和结果输出会起到一目了然的效果, 也便于用户查找错误。随着电网的日益复杂化, 利用图形可视化提高生产调度对电网管理^[1-2]监测的实时性、现场性, 有助于提高电力系统信息管理效率。

近年来, 电力部门已经开发了一些电力图形信息管理系统^[3], 利用普通绘图软件与数据库管理系统结合, 实现数据监测和管理的功能, 但存在以下不足: 使用 AutoCAD 或其他绘图软件绘制的电力图形信息系统, 虽然作图功能强, 但数据管理功能弱, 并且图形系统和数据库系统分离, 难以同时直观显示图形数据和属性数据; 将图形信息和属性信息结合在一起的电力图形信息系统, 没有存储设备间的数据结构, 图形中接点之间不存在拓扑关系, 难以进行

高级分析功能计算。

地理信息系统(GIS)技术出现之后, 它集当代最先进的图形、图像、地质、地理、遥感、测绘、人工智能、计算机科学等技术为一体, 具有地图输入、数据库管理、空间分析等功能, 已被广泛应用于各类行业中。把 GIS 技术引入配电网图形信息系统, 管理电网的各种信息, 并利用其空间分析能力加以提炼、分析, 能够为各级管理者提供辅助决策的依据。

本文基于 GIS 组件^[4] MapObjects(简称 MO), 结合面向对象与重用技术^[5], 开发实现了一套完整的电网图形信息管理系统。

文中提出并实现了一种基于 MO、面向电力符号对象的图形建模方法(objects-oriented symbol), 它是一种基于对象分解, 以数据分析为中心的编程方法, 把电力系统中的各设备元件的共性抽象成一个统一的基类, 在此基类中, 不仅表达了设备元件的图形外观属性, 还表达了设备的物理属性, 如运行状态、属性参数等, 并且将其与元件操作方法封装在一

收稿日期: 2005-09-15; 修回日期: 2005-12-02

起,实现了设备元件图形、属性与操作方法的模块化,每添加一种设备只需调用此基类继承可得,图形绘制的过程即属性设置的过程及拓扑关系存储过程,高效地实现了代码的简化和重用,随之调用 MO 提供的图形绘制方法,即可实现图形和数据分析的可视化。在此基础上,介绍了系统数据建模结构设计,实现了完整的图形系统开发。

1 MO 简介

MapObjects^[6-7]是ESRI 公司推出的组件式 GIS 软件,是一组基于 COM 技术的地图应用组件,可以嵌入到各种可视化开发环境中进行二次开发。其主要功能可分为 4 大类。

- a. 视图窗口类:定义了控件视图窗口的环境及视图刷新、缩放、漫游等成员函数及窗口的各类消息响应函数。
- b. 图符编辑类:控件提供了点、线、面 3 类空间数据对象及多种图形符号对象,并提供符号定制接口,可实现自定义符号。
- c. 数据操作类:支持各种图形或图像数据,提供了对多种空间图形数据及图像数据的访问支持功能,及外部数据库连接功能,和空间对象的模糊查找、图形定位、地址匹配等操作功能。
- d. 制图输出类:定义了空间数据对象的符号、线型、颜色、标注的字体、尺寸等属性,及图形绘制函数,通过对属性字段的信息提取、统计及渲染分类,生成各类专题地图。

2 图形系统设计

一个完善的图形信息管理系统主要包括以下 2 个方面。

- a. 图形支持:主要体现为完善的图形编辑功能,以及直观反映系统的分析操作显示。
- b. 数据支持:通过图形界面对元件设备的属性参数设置和修改。

2.1 图形建模设计

本文图形建模采用 MO 基本图形符号类的继承和扩展的思路:首先在 MO 提供的基本图形符号类的基础上,根据具体设备元件需要将其进行继承和扩展,建立各种元件符号类,再把这些元件符号类及其属性类及操作方法类组合,形成各种电力元件的图形模块,在以后的使用中通过 MO 提供的自定义符号绘制接口即可直接调用此模块,高效实现了代码的重用。

2.1.1 MO 基本符号类

MO 是一种 GIS 开发组件,提供了一组基本图形对象类即 Symbols,描述地图对象的基本外观特征和图形属性,其基本对象按空间表达分为以下 3 大类。

a. MOSymbols:用于确定几何符号的各种属性,例如颜色、大小及类型等。点(MOPoint)目标代表具有 X,Y 坐标的点;点集合(MOPoints)存贮线和多边形目标的坐标;线(MOLine)目标代表地图上的一条线;矩形(MORectangle)目标常用于设置和反馈地图范围,也用于画矩形;多边形(MOPolygon)目标代表多边形,它的第一个点和最后一个点在它的点集合上是相同的;椭圆(MOEllipse)目标代表椭圆和圆。

b. CMOTextSymbol:用于确定文字符号的各种属性,例如字体的颜色、大小及类型等。

c. CMORenderer:用于按照某个属性项对符号层进行分类显示。

2.1.2 电力元件符号类

在本系统中,将电力元件符号类看成图形对象类及属性类和操作方法类的有序组合。图形对象类包括电力元件的图形符号描述类和端口节点类,图形符号类描述电力元件的外观形状,端口节点类则是元件与外部网络连接的纽带,属性类是电力元件的运行参数,操作方法类是对图形对象或属性类的操作手段。在实际应用中,将图形对象类和端口节点类与元件属性类和操作方法类组合,即可形成完整的元件模块,以下具体说明。

a. 图形描述类。首先是对 MO 基本符号类的继承,因此具有 MO 基本符号类的所有属性,如颜色、形状等,但 MO 缺省的地图符号,针对某一具体应用领域,常常难以找到符合要求的地图符号,因此需要对其进行组合扩展,形成专业的图形符号,在电力配电网中,可根据电力设备的不同将图符组合为以下几种,如图 1 所示。

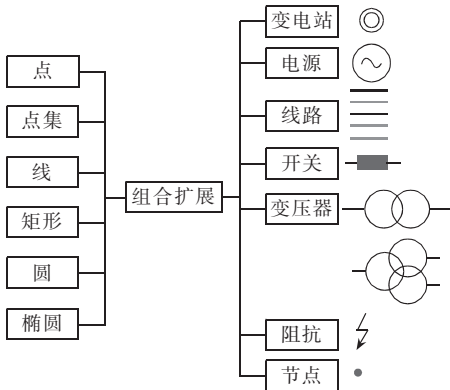


图 1 电力图形符号描述

Fig.1 The electric graphic symbol description

b. 端口节点类。端口节点是元件之间连接的接口,可将其作为一种新的电力设备,与图形描述类并列存在,如单端设备元件中心、多端设备元件的各个端口即为其连接端口节点,当 2 个元件存在直接电气通路时,则在拓扑图上表示为两者的 2 个端口连在一起。

c. 属性扩展类。属性扩展原理是在元件图形类确定的前提下实现电力元件类的属性扩充,在图形

类中,即将电力设备的运行参数类与图形类封装,实现图形类和属性类的模块化,使空间对象成为具有外观和属性的对象。如下为基本设备属性:变电站的编号,容量,电压等级, $X,Y,\cdots$;电源的编号,有功出力,电压等级,运行状态, $X,Y,\cdots$;线路的编号,电压等级,阻抗,运行电流,长度, $\cdots$;开关的编号,型号,运行状态, $X,Y,\cdots$;变压器的编号,型号,容量,损耗,电压等级, $\cdots$;阻抗的编号,有功,无功, $X,Y,\cdots$ 。

d. 操作方法类。电力元件类的操作方法类主要包含 2 种方法:属性设置方法是提供对外自定义接口,接收外部传入参数,实现对电力元件图形颜色、大小、填充方式等图形属性的设置及运行状态、电压等级、阻抗等运行参数的设置;属性显示方法是标注方法,为可选择方法,实现对电力元件基本属性参数的标注及分析结果的标注。

2.1.3 电力元件符号类结构

电力元件符号类结构如图 2 所示。

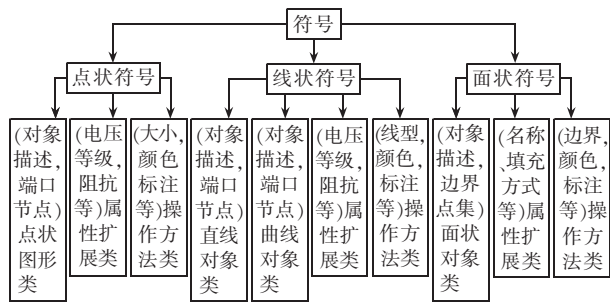


图 2 元件符号类的建模结构

Fig.2 Modeling structure of component symbols

2.2 数据建模设计

数据库作为系统设计和功能分析的基层,其设计优劣直接影响到系统的运行效率,GIS 系统的数据库包括空间图形数据库和属性数据库。本系统采用将图形信息与属性信息分别存储,即图形信息采用 ArcInfo^[8]软件提供的信息处理技术管理,属性信息采用关系型数据库 SQL Server 管理,通过唯一编码建立图形数据和属性数据的连接关系,实现两者的统一操作。系统软件构成如图 3 所示。

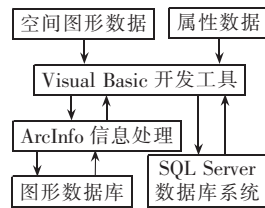


图 3 系统软件构成

Fig.3 The software structure

2.2.1 空间数据库设计

配电网管理的对象在地理上所呈现的点、线和面的分布并不是孤立存在的,它们之间存在着地理和逻辑上的密切关系。

ArcInfo 软件支持 3 种空间实体存储格式,即点层、线层和面层。在本系统中,空间数据库主要包含以下各类设备的空间分布信息:变电站、线路、开关、变压器、负荷和无功补偿等,每类设备建立一个 ArcInfo 支

持的空间数据引擎(SDE)图层,分层存储,并设立一个唯一的运行编号,与属性数据库一一对应,以便数据存储和管理的一致性,本文空间实体结构图如图 4 所示。

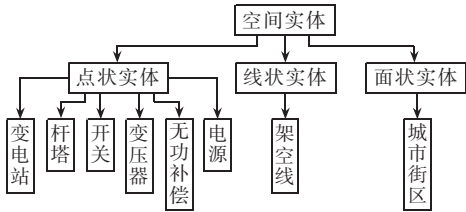


图 4 空间实体图

Fig.4 Spatial database structure

在图层已设置的基础上,同时将实体属性设置在同一个图层表中,即可实现图形描述类和属性类的同时存储,将以上建立的各个图层进行叠加加载,就形成了具有地理信息的配电网图。

2.2.2 属性数据库设计

属性数据库主要存储设备的运行参数和设置参数。本系统主要是以设备为基本单位进行属性数据库的属性表设计,对每类设备都定义一个属性表,设置编号标志符为主键,同空间属性库一一对应,并建立节点表用于实现表之间关联,采用 ADO 数据库访问技术进行属性数据库的访问。属性数据库结构关系图如图 5 所示。

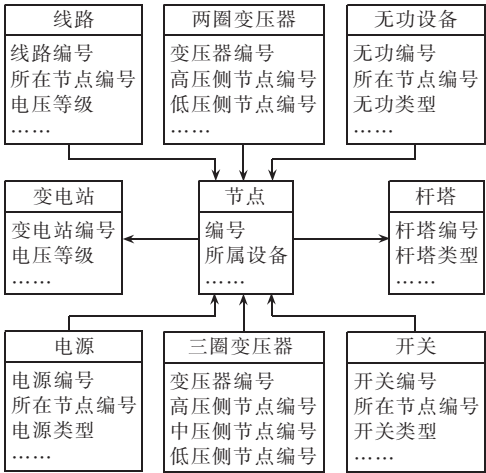


图 5 属性数据库结构图

Fig.5 Attribute database structure

3 MO 中地图符号的绘制方法

电力元件类实现之后,如何实现其界面可视化,是图形系统开发的关键一步,在本系统中,采用调用 MO 本身提供的绘制方法^[9]实现。MO 是一种 GIS 组件,本身包含图形图象处理功能,支持客户以 ActiveX DLL 方式提供的点、线和面符号绘制,本身提供了 5 种客户化接口和 3 个基本函数,即: IcustomFill, IcustomLine, IcustomMarker, Icustomprojection 和 IcustomRenderer 接口及 SetupDC, Draw 和 ResetDC 函数,其中 IcustomMarker 是实现点状符号的接口, Icustom-

Line 是实现线状符号接口,IcustomFill 是实现面状符号接口,函数用于创建设备环境,绘制线与多边形及修改设备环境。这样,用户就可以在工程中通过接口读取在符号设计系统中设计的符号信息并绘制。

SetupDC 函数用来建立绘制符号的上下文和设置一些绘制所需的参数,如大小、旋转角度、符号的索引码等。

ReleaseDC 函数清除当前设备上下文并恢复原始的上下文环境。

Draw 函数实现自定义符号绘制。利用 Windows GDI 函数进行符号的绘制。

对于点状符号,MO 为用户提供 3 种符号化方式。

a. 系统自带的缺省符号。MO 默认缺点点状符号 4 种(圆点、正方形、三角形、十字形),符号类型和值分别通过 Style,SymbolType 属性设置。这种方式符号数目少,样式单一,不具有专业领域应用前景,不能满足实际应用系统对符号表现多样化的要求。

b. Windows 系统内部的 TrueType 字体。TrueType 字体(简称 TTF)是 TrueImage 中的字体描述部分。用户可根据需要人为修改字体库实现专业性符号,在开发中调用 MOSymbol 对象,设置其属性即可实现 TrueType 字体点状符号。

c. 基于 MapObjects2.2 提供的接口自定义符号。MO 支持集成的方式编写程序,通过 CMOSymbol 对象预留的名为 Custom Symbol 接口,实现自定义符号。符号的样式根据用户需要人为设定,其实现过程不基于任何系统,效果美观并有很强的可移植性。

对于线状符号,MO 提供缺省符号(线状 5 种)和自定义符号 2 种方式,用户可通过设置符号的线型、颜色等属性或利用 Custom Symbol 接口自定义符号,实现符号化。

对于面状符号,用户可设置其边界、填充方式(缺省 11 种)、颜色、旋转角度等属性,实现面状符号的绘制或通过 Custom Symbol 接口自定义面的边界和填充方式。方式比较如表 1 所示。

表 1 符号绘制方式比较
Tab.1 Comparison among symbol drawing methods

方式	难度	专业性	扩展性	效果
缺省	小	弱	弱	差
TrueType	一般	一般	一般	较好
自定义	大	强	强	很好

简单实现示例:以简单电器支路中三圈变压器符号类为例介绍实现过程。

三圈变压器设备是多端电力设备,各端电压等级和状态都不能事先确定,并且其不是 MO 缺省的地图符号可以实现,因此,此符号采用自定义符号绘制方法实现,以下为其基本类组成。

a. 图形对象类:3 个圆,3 条线及 3 个端口节点 A,B,C。

b. 属性扩展类:A,B,C 3 端节点编号,3 端节点

电压等级,3 侧运行状态,3 侧变比、阻抗、容量等属性。

c. 操作方法类:旋转角度设置,3 侧颜色设置,3 侧运行状态设置及参数设置等。

因此,实现绘制过程主要调用以下 3 个函数。

a. 图形对象设置函数:点击三圈变压器 3 侧节点,比较 3 侧电压等级,排序并依次记录节点 ID,求出三角形内心所在,以内心到各节点最小距离的 1/3 处为圆心,最小距离的 1/3 为半径画圆,直径的外点与节点之间以线代替,旋转的角度设置为内心与各节点连线的角度,这样就完成了图形的设置过程。

b. 数据属性设置函数:根据 3 侧端口节点电压等级不同设置 3 侧圆和线不同颜色,弹出属性设置对话框,根据实际要求将相应的属性设置并存储到图形数据库中。

c. 窗口绘制显示函数:调用 MO 的 Draw 函数对象(功能为加载图层后绘制),实现绘制功能,并标注选择属性。

将图 1 所示电力设备设施,均由以上过程实现符号化,并可通过各自端口的节点以线路实现连接,形成网络(线路的电压会根据两端节点的电压等级自动判别并赋予不同颜色表示)。效果如图 6 所示。

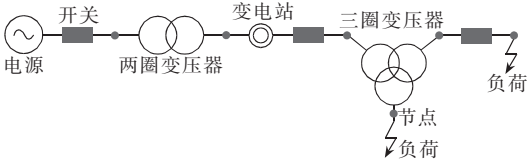


图 6 符号化实现效果
Fig.6 The prettify result of the symbol

4 系统实现

4.1 图形界面设计

图形界面^[10]作为人机交互的主要渠道,除要能实现强大的绘图与交互功能外,还要显示美观、结构清晰,与用户交互过程简单方便。本系统设计了具有 Windows 风格的界面,将所有功能封装在操作菜单中,并设计工具条及一系列界面美观、交互方便的对话框,以进行图形绘制及图层管理,符合实际操作人员需求,操作方便、快捷。

4.2 总体效果实现

综合以上开发技术和实现方法,以简单电气支路为例,实现其绘制。由于设备属性类和图形类封装在一起,因此,绘制完成的过程也伴随属性设置完成,即图形是含有运行参数的图形,可随时进行分析计算,对所绘制网络进行拓扑分析和潮流计算,并将结果可视化。采用不同颜色或亮暗程度的不同表示不同带电状态,灰色显示不带电的设备,线路设备和变压器设备根据电压等级的不同分色显示,其余设备以红色显示的方式实现状态着色,并将计算结果标注在图形中,实现分析和计算的直观可视化。

5 结语

利用 GIS 组件技术构建电力图形信息管理系统,不仅可以提高数据的共享和一致性,而且能增强信息的直观表达,提高工作效率。基于类层次结构,以图形方式实现软件的各种功能,不仅使系统功能模块化,便于扩充,而且实现了计算方法和繁杂数据与图形和表单等直观界面相连接,使系统具备可视化特点。本文基于 MapObjects 开发的配电网图形信息管理系统是一功能完善、使用方便的系统,具有良好的实际应用前景。

参考文献:

- [1] 朱振华. 配电网管理系统的特点与设计要求[J]. 电力系统装备,2003(3):74-76.
ZHU Zhen-hua. The characteristics and design requests of distribution network information management system [J]. **Electric Power System Equipment**,2003 (3): 74 - 76.
- [2] 乔毅,孙岩,焦连伟,等. 可视化输配电网状态分析软件包的开发与实现[J]. 电网技术,2001,25(2):1-5.
QIAO Yi,SUN Yan,JIAO Lian-wei,et al. Design and implementation of a graphic based software package for state analysis of transmission and distribution network [J]. **Power System Technology**,2001,25(2):1-5.
- [3] 孙才新. 电力地理信息系统及其在配电网中的应用[M]. 北京:科学出版社,2003.
- [4] 吴建中,葛少云,余贻鑫,等. 配电网信息管理系统组件化设计与实现[J]. 电力系统自动化,2001,25(11):49-51,55.
WU Jian-zhong,GE Shao-yun,YU Yi-xin,et al. Component-based design and implementation of distribution network information management system[J]. **Automation of Electric Power Systems**,2001,25(11):49-51,55.

- [5] 范文涛. 面向对象技术及其在电力系统中的应用[J]. 电力系统自动化,1998,22(12):72-75.
FAN Wen-tao. Object-oriented technical and its application in power system [J]. **Automation of Electric Power Systems**,1998,22(12):72-75.
- [6] 罗津. 基于 Mapobjects 的组件式 GIS 软件开发[J]. 计算机与现代化,2004(3):37-40.
LUO Jin. Application development of component GIS software based on Mapobjects [J]. **Computer and Modern**,2004(3):37-40.
- [7] 陈禹. 基于 Mapobjects 控件的地理信息系统设计与开发[J]. 计算机工程,2001,27(4):150-152.
CHEN Yu. Active X components Mapobjects develop applications of geographic information system [J]. **Computer Engineering**,2001,27(4):150-152.
- [8] 杨晨毅. 基于 SDE 的 GIS 空间和属性数据在 RDBMS 中的集成[J]. 计算机仿真,2003,20(11):110-112.
YANG Chen-yi. SDE based integration of spatial-data and attribute-data in the RDBMS [J]. **Computer Simulation**,2003,20(11):110-112.
- [9] 薛伟. MapObjects——地理信息系统程序开发[M]. 北京:国防工业出版社,2004.
- [10] 吴信才. 地理信息系统设计及实现[M]. 北京:电子工业出版社,2002.

(责任编辑:汪仪珍)

作者简介:

高东亮(1980-),男,山东泰安人,硕士研究生,主要研究方向为地理信息系统及其在电力系统中的应用、电力系统规划(E-mail:gdl120001@163.com);

林济铿(1967-),男,福建龙泉人,副教授,博士,主要研究方向为电力系统的稳定性分析及控制、电力市场、配电网自动化等;

罗萍萍(1969-),女,山西太原人,讲师,硕士,研究方向为人工智能在电力系统中的应用。

Development of distribution network information management system based on MapObjects

GAO Dong-liang¹,LIN Ji-keng¹,LUO Ping-ping²

(1. Tianjin University,Tianjin 300072,China;

2. Shanghai University of Electric Power,Shanghai 200090,China)

Abstract: Based on GIS module MO(MapObjects) and combined with the object-oriented and reiteration technologies,a method of transplantable,object-oriented,electric GIS map symbol data modeling is presented. The MO basic symbol class and electric element class are described in detail,as well as their structures. The design of spatial database and attribute database and the way to draw map symbols in MO are presented. Example shows the graphical system developed and proves it applicable.

Key words: MapObjects; distribution network information management system; spatial data modeling