

# 基于 Geodatabase 数据模型和 Case 工具设计 实现配电 GIS 数据库

冯晓良, 徐学军, 胡森, 韩云

(华中科技大学 水电与数字化工程学院, 湖北 武汉 430074)

**摘要:** 传统的地理信息系统数据模型难以表达非结构化数据和 GIS 中具有复杂结构的数据, 也不能表达继承、聚合等在 GIS 中广泛使用的关系。文章概述了 Geodatabase 模型的结构和特点, 并针对配电网数据结构的特点, 在 Geodatabase 模型的基础上, 利用 UML 建模语言和 ArcGIS 提供的 Case 工具, 设计并实现了配电 GIS 数据库。这种数据模型和设计方法比传统方法直观、简单且易于修改, 对配电网的描述更贴切, 利于数据库设计的优化, 是设计空间数据库的一种较好的方法。

**关键词:** Geodatabase 数据模型; UML; Case 工具; 配电网数据库

## Design and realization of distribution network databased based on geodatabase and Case tools

FENG Xiao-liang, XU Xue-jun, HU Sen, HAN Yun

(College of Hydropower and Information Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** It is difficult to express unstructured data and GIS data with a complex structure in traditional geographic information system data model, which also can not express relationship in GIS, for example inheritance, polymerization. This paper summarizes the structure and characters of the geodatabase model, designs and realizes the database for distribution network successfully using the modeling language UML and Case tools which is provided by ArcGIS. In view of the characteristics of distribution network data structure, and based on the Geodatabase model, it provides a feasible method in distribution network database designing. This data model and designing method intuitional, simple and easy to modify compared with traditional methods. This method is a better one to design spatial database because the description for distribution network is more appropriate.

**Key words:** Geodatabase data model; UML; Case tools; distribution network database

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2007)10-0059-05

## 0 引言

随着经济的发展, 电力企业作为国民经济的支柱产业, 其传统的配电管理方式已经很难满足配电网的建设和安全经济运行的要求, 必须采用新的管理方式充分合理的利用有限的电力资源。配电网是一种与地理信息密切相关的空间网络, 随着配电网系统的复杂化和对供电可靠性提高的要求, 需要将现代化的计算机和通讯技术用于配电网管理, 实现各种图形、地图、数据信息的共享, 采用 GIS 技术就可以很好的解决这些问题。配电 GIS 利用数据库技术把在配电网中电力设备的空间定位数据与属性数据一一对应联系起来, 综合分析检索空间定位数据, 构建具有拓扑结构和分析功能的空间数据库系统, 实现生产信息与反映地理的图形信息相结合的信息管理系统<sup>[1]</sup>。

传统的 GIS 数据结构及其数据的管理方式难以适应配电 GIS 网络分析的要求, 迫切需要一种能将 GIS 与配电网数据结构相统一的数据模型。本文在 ESRI 公司推出的 Geodatabase 数据模型基础上, 综合考虑配电网设备及其主要电气特性, 设计了一种配电 GIS 数据库, 并且运用统一建模语言 (UML) 和 ArcGIS 提供的 Case 工具实现了配电 GIS 系统的空间数据库。

## 1 Geodatabase 数据模型

Geodatabase 数据模型是 ESRI 公司在 ArcGIS8.3 之后推出的一种新的数据模型, 它是继 CAD 数据模型和 Coverage 数据模型之后的第三代地理数据模型, 是一种新的面向对象的数据模型, 它能将空间对象的属性和行为结合起来, 是一种统一的、智能化地理数据模型<sup>[4]</sup>。Geodatabase 模型能

很好的建立各对象间的拓扑关系，并能描述非面向对象模型不能支持的流量叠加、对象约束等特殊行为。通过定义对象之间的拓扑、空间和普通关联，以及获取它们之间的相互关系，能更加自如的表现地理信息。Geodatabase 数据模型搭建了一个框架，基于这个模型可以创建智能化要素，模拟真实世界中对象之间的作用和行为。

Geodatabase 数据模型的对象关系图见图 1。

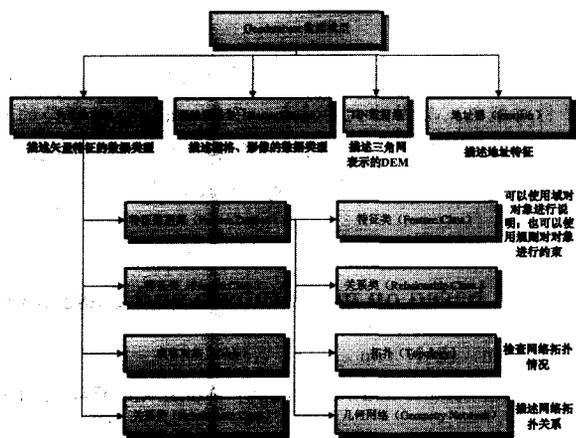


图 1 Geodatabase 数据模型图

Fig.1 Data model diagram for Geodatabase

从图 1 中可以看到 Geodatabase 包括 4 种类型的地理数据：矢量数据集，栅格数据集，TIN 数据集和地址器；而表示矢量数据的又分成 4 种：Feature Dataset, Feature Class, Table, 和 Relationship Class。要素集 (Feature Dataset) 中可以存储空间实体 (要素)、非空间实体 (对象) 以及它们之间的关联 (Relationship)。几何网络 (Geometric network) 和拓扑 (Topology) 工具体现了要素之间的空间拓扑关系。另外 Geodatabase 中还存储了属性验证规则 (validation rule) 和域 (domain)，可以确保对要素创建或者更新操作时，数据库数据的完整性。

## 2 配电网数据模型

### 2.1 整体数据结构

创建配电网数据模型及实现配电网设备管理的同时，必须着重考虑配电网的拓扑分析问题<sup>[5]</sup>。从配电网的运行和结构特点出发，按照实际应用的需要，在空间信息基础上对配电网的空间数据和非空间数据进行设计，建立一个统一的配电 GIS 数据库。配电 GIS 数据主要分成两大部分：基础地理数据和配电网数据。基础地理数据主要是用来作为配电 GIS 的背景，用来标示配电设备的位置，主要包括城市区域数据，街道数据，河流数据，交通设施数据，管线设施数据，草地数据，单位数据等。配电网数据主要是指各种配电设备，配电线路，变电站，及各种配电辅助设备，这些数据之间既有几何上的关联 (如变压器在电杆上)，又有电气方面的关联 (如开关与导线的连接)，Geodatabase 中的几何网络模型将这两者很好的结合起来，能够比较真实的反映配电网的结构和运行状态。在 Geodatabase 模型中可以用 Relationship 来表示各个对象之间物理上的连接，用几何网络来描述各个配电对象间的电气联系。

### 2.2 基础地理数据结构

基础地理数据大多是具有地理位置信息的，应该从 Object 类派生出的 Feature 类中进行派生；而还有一部分与基础地理数据或配电设备相关联的表则不具有空间属性，直接从 Object 类中派生。根据这个原则构建了配电 GIS 基础地理图层的 UML 框架结构，如图 2 所示。

在图 2 中，从 Feature 类中派生出来的都是具有地理形状 (shape) 的对象，其中点对象有单位、交通设施等，线对象有道路、规划红线、铁路等，面对象有河流、草地、建筑区等。直接从 Object 类中派生出来的是一些与基础地理数据相关的表。

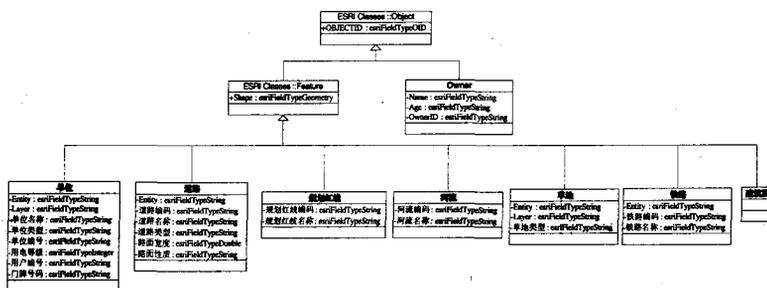


图 2 配电 GIS 基础地理图层 UML 框架结构

Fig 2 UML framework of basic Geographic layers in distribution network GIS

### 2.3 配电网数据结构

设计配电网数据库时除了要考虑配电管理方面, 最重要的是配电网拓扑分析。用几何网络来描述配电网的拓扑可以很好的利用 GIS 分析功能, 提高搜索效率。考虑到配电网结构复杂, 设备繁多, 将配电网设备按照其功能和结构特点统一进行分类: ①不参与电气连接的设备, 反映到 Geodatabase 模型中就是不参与几何网络, 如电力杆塔; 这类设备根据其几何形状抽象成相应的点要素或线要素。②将参与电力运行的设备按照结构特点分成点设备 (JunctionFeature) 和线设备 (EdgeFeature) 两大类。这部分对象要在数据集中进行组织, 并都要关联到几何网络中去。点设备又根据其功能特点分成简单点对象 (SimpleJunctionFeature) 和复杂点对象 (ComplexJunctionFeature)。复杂点对象内部结构复杂, 内部还可以包含简单点、线、面要素及其组成的网络结构。如变电站、开关、变压器、T 接箱由于其内部结构相对简单, 抽象成简单点处理; 环网柜和开闭所由于内部结构复杂, 还包含内部开关和母线, 故抽象成复杂点处理。线设备根据也需要也可以分成简单线对象和复杂线对象, 包括电力线缆、母线等, 可以分别从 SimpleEdgeFeature 类和

ComplexEdgeFeature 类中派生。③与配电网相关联的信息, 直接从 Object 类中派生, 然后通过 Relationship class 来建立相关联的关系。基于上面的分类构建了配电网图层框架结构, 如图 3 所示。

在图中, 所有参与电力运行的配电设备都要在几何网络中, 而几何网络的生成要求在数据集 FeatureDataset 下, 因此整个配电网图层都是在同一个数据集框架下的。电力杆塔和电力绞线和其它的配电设备没有电气连接, 所以不必参与几何网络, 直接从 Feature 类派生, 其中电力杆塔下面又派生出了两个子类高杆和低杆。而其它的配电设备要参与几何网络, 都要从网络要素类 (NetworkFeature) 中派生的, 根据各自的结构特点和功能不同分别从点要素类 (JunctionFeature) 和线要素类 (EdgeFeature) 往下派生。最终变压器、变电站、开关、T 接箱从简单点要素类 (SimpleJunctionFeature) 派生, 环网柜、开闭所从复杂点要素类 (ComplexJunctionFeature) 派生, 导线则从复杂边要素类 (ComplexEdgeFeature) 派生, 而这些配电设备都与几何网络类“配电网几何网络”有二元关联。

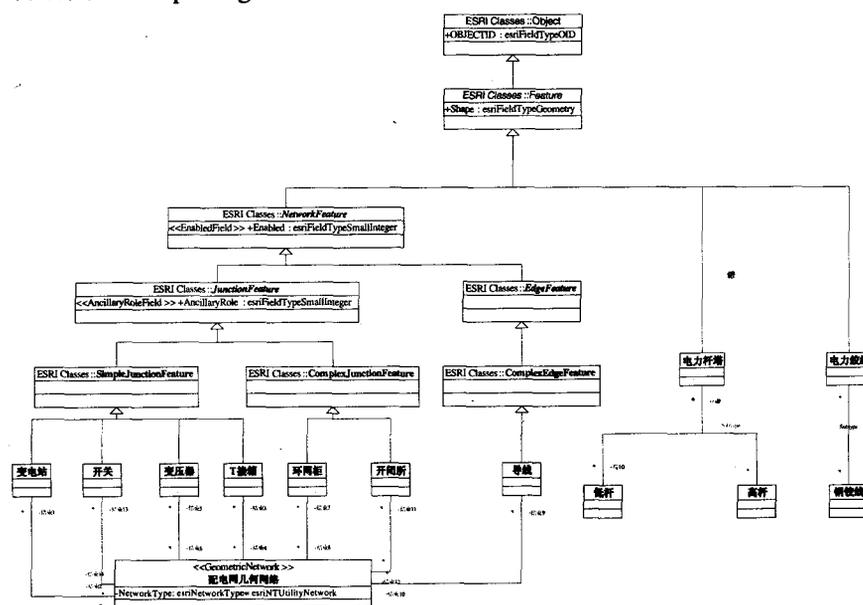


图 3 配电 GIS 网络图层 UML 框架结构

Fig.3 UML framework of network layers in distribution network GIS

### 3 利用 UML 和 Case 工具创建配电 GIS 数据库

UML 是由 Rational 公司的 Grady Booch、Ivar Jacobson 和 Jim Rumbaugh 联合开发的第三代面向对象的建模语言。它是一种用来指定、可视化、构

建和记录软件系统的建模语言, 被 OMG (Object Management Group) 组织确定为面向对象的标准建模语言。它为软件系统的设计和开发提供了功能强大的模型, 对整个系统做全面的描述。

Case 是辅助计算机软件开发的工程技术,

ArcGIS 的 Case 工具允许用户创建定制模型, 从而对 Geodatabase 模型进行扩展。Case 工具主要包含两部分: 代码产生向导和模式产生向导。

创建地理数据库有三种方法: ①是运用 ArcCatalog 软件一步步建模, 建立新的地理数据库; ②移植已经存在的数据库, 通过 ArcCatalog 中的导入工具 (Import) 将其它格式的数据转化到地理数据库中, 然后再进一步对数据库进行定义和设置; ③利用 ArcGIS 提供的 Case 工具来建立地理数据库, 首先利用 UML 对对象进行建模, 然后根据用户需求对模型进行优化, 导出成 XMI 格式的文件, 最后根据需要可以选择生成代码还是生成数据库框架。这种方法修改模型方便简捷, 优化数据结构的设计, 能设计出符合用户需求的规范数据库, 还能减少设计工作量, 提高数据库的设计质量。

络和基础地理。基础地理层只是作为地理背景, 包的类型默认; ElectricUtilities 包则选择 Feature Dataset 类型以便建立几何网络。

(2) 分别在两个包下建立静态模型基础地理框架结构和配电网络框架结构, 这里以配电网络框架结构为例具体说一下创建模型的步骤。

(3) 由于 ElectricUtilities 包中都是配电设备, 都是具有几何形状和地理位置的对象, 因此这些类都是从 Feature 类派生出的, 电力杆塔和电力绞线不参与几何网络, 不必从网络要素类 NetFeature 派生, 参与电力运行的配电设备必须从网络要素类派生才能与几何网络类 GeometricNetwork 进行关联。由于复杂点要素类具有内部网络结构, ArcGIS 并没有提供可供生成的模型, 需要用户自己在几何网络的模型基础上根据实际的应用模型进行扩展, 具体可见参考文献[4]。而本文则采用另一种方法, 将复杂点要素拆成简单点要素和简单边要素两个, 原来复杂点要素的拓扑功能则转到简单边要素, 这样处理解决了复杂点模型建立的困难, 而且与实际的配电网模型贴近, 能真实反映网络拓扑。如环网柜, 在建模时就将其内部结构拆开, 按照简单点要素环网柜+简单边要素开关线进行建模, 分别从 SimpleJunctionFeature 类和 SimpleEdgeFeature 类中派生, 两者之间再通过属性字段或关系类进行关联。如图 4。

在研究中采用 Visio2003 企业版来创建配电网 UML 模型, 需要将 ArcGIS 的 Case 文件夹下的模版 ArcInfo UML Model (Visio 2003).vst 加载到 UML 中, 在此模版中有 3 个基本的软件包: ESRI Classes、ESRI Interfaces、Workspace, 用来定义对象类、要素类、关系类、表和几何网络。建立配电 GIS 数据库的具体步骤如下:

(1) 在 workspace 包中加入两个包 Electric Utilities 和基础地理, 分别对应配电 GIS 的配电网

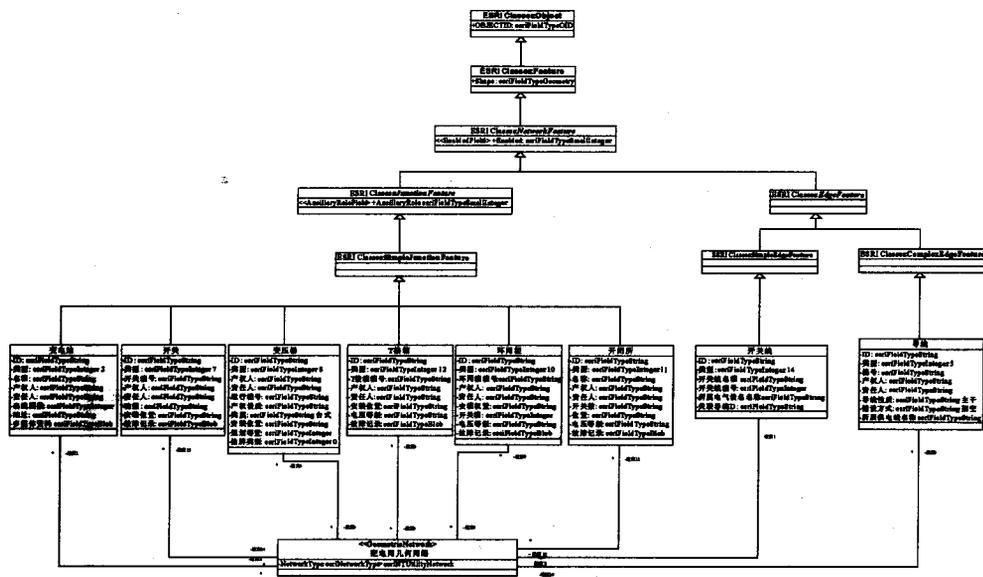


图 4 配电 GIS 几何网络 UML 模型图

Fig.4 UML model of Geometric network in distribution network GIS

(4) 完成了 UML 建模后, 通过 Case 工具提供的 ESRI XMI Export 选项, 将模型转化输出成 XMI 文件保存。利用 SemanticsChecker 工具对输出

的 XMI 文件进行错误检查。若有错误, 查看错误来源, 修改 UML 模型知道没有错误发生。

(5) 打开 ArcCatalog, 新建一个空地 Geodata

base 数据库,从工具栏中调出 Case Schema Creation 工具,根据向导提示导入 XMI 文件,就可以生成一个包含要素类、数据集、几何网络的数据库框架,如图 5 所示。对于这些要素类和数据集可以设置其空间参考坐标系统和几何类型等,完成这些设置后,就生成了一个完整的配电 GIS 数据库。以后如果对这个配电 GIS 模型有所改动只要重新执行 4-5 步即可完成整个数据库的重新生成,方便简单。

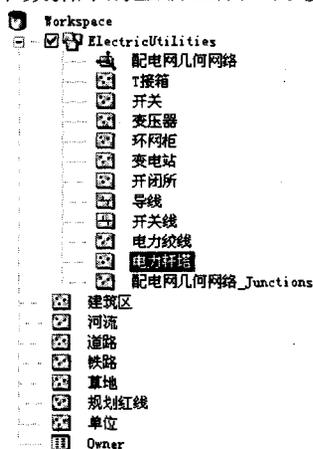


图 5 配电 GIS 数据库整体结构

Fig.5 Database structure of distribution network

## 4 结论

配电网结构复杂,设备繁多,采用的数据模型将会直接影响到系统的拓扑分析及其它高级功能。本文研究了配电 GIS 的整体数据结构,在 Geodatabase 数据模型基础上利用 UML 静态模型图和 Case 工具创建配电 GIS 数据库,取得了不错的效果。这种设计方法便于改动,对于修改数据模型比传统的方法简便;由于采用了 UML 静态模型图,对配电网数据库的描述比传统的方法直观,易于掌握整个数据库的构架;用 Geodatabase 中的几何网络模型可以比较好的对配电网进行模拟,而且在网络分析时可以提高搜索速度。从实际的项目效果来

看,这种配电 GIS 模型和设计方法值得推广。

## 参考文献

- [1] 孙才新,周濂,刘理峰,等. 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. SUN Cai-xin, ZHOU Qian, LIU Li-feng, et al. Power GeoGraphical Information System and Application for Distribution Network[M]. Beijing: Science Press, 2003.
- [2] 罗智勇,刘湘南. 基于 Geodatabase 模型的空间数据库设计方法[J]. 地球信息科学, 2004, 6 (4): 105-109. LUO Zhi-yong, LIU Xiang-nan. Spatial Database Design and Realization Based on Geodatabase[J]. Geo-Information Science, 2004, 6 (4): 105-109.
- [3] 覃如府,许惠平,欧少佳,等. 基于 GeoDatabase 的中国岩石圈三维结构数据库设计[J]. 地球学报, 2005, 26 (6): 581-586. QIN Ru-fu, XU Hui-ping, OU Shao-jia, et al. The Design of Chinese Lithosphere 3D Structure Database on the Basis of GeoDatabase[J]. Acta Geoscientia Sinica, 2005, 26 (6): 581-586.
- [4] Michael Zeiler. Modeling Our World[M]. ESRI Press, 2000.
- [5] 宋雪丽,邵永社,李晶. Geodatabase 数据模型在配电设备管理中的应用[J]. 测绘学院学报, 2004, 21 (2): 131-133. SONG Xue-li, SHAO Yong-she, LI Jing. The Data Model and Application of Geodatabase in the Assembling Electric Power Facility[J]. Journal of Institute of Surveying and Mapping, 2004, 21 (2): 131-133.
- [6] Booth B, Crosier S, Clark J, et al. Building a Geodatabase[M]. ESRI Press, 2000.

收稿日期: 2006-11-28

收稿日期: 2006-12-14

作者简介:

冯晓良(1982-),男,硕士研究生,研究方向为基于地理信息系统的配电管理信息系统; e-mail: yaobao511@163.com

徐学军(1964-),男,硕士生导师,研究方向为配电 GIS,数字流域,等;

胡森(1979-),男,硕士研究生,研究方向为配电自动化。

(上接第 58 页 continued from page 58)

- [4] 周立功,夏宇文. 单片机与 CPLD 综合运用技术[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2003. ZHOU Li-gong, XIA Yu-wen. Comprehensive Application Technique of Single Chip and CPLD[M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 2003.

作者简介:

张伟(1975-),男,讲师,博士研究生,研究方向为控制理论与控制工程; E-mail: zwqd2008@163.com

隋青美(1963-),女,教授,博士生导师,研究方向为新型检测技术,计算机集散控制系统及其应用;

常天英(1981-),女,博士研究生,研究方向为检测技术与自动化装置。

收稿日期: 2006-12-26

收稿日期: 2007-01-16