

电力GIS数据网络拓扑模型研究

近年来,随着城智慧城市和智能电网的建设,如何运用先进的技术提高电力行业的管理水平成为未来发展的一个重要方向。GIS是一种以地理空间数据库为基础的地理信息系统,在计算机工具的辅助下,对空间数据进行各种处理,对于解决城市和交通领域的规划和管理问题起着重要的辅助作用。虽然,传统的GIS在地理信息处理方面有很多优点,但由于系统扩展性较差,系统庞大,而且对软硬件的要求都很高,因此传统的GIS不太适合直接在电力系统领域展开应用。在分析传统GIS工作原理的基础上,结合现代电力系统的运行特点和要求,对电力GIS数据网络拓扑模型展开研究,分析了电力GIS的数据类型,建立了连接空间位置与电力数据信息的电力GIS数据网络拓扑模型。

郭强/中国海洋石油总公司信息技术中心



郭强/高级工程师

随着当前社会经济的不断发展进步,电力行业在国民经济中的重要性越来越突出,电力行业的稳步发展对于提升国民经济扮演着越来越重要的角色。因此,如何提高电力行业的管理水平,提升电能的供应质量,成为未来行业发展的一个重要的发展方向。

近年来,电力行业得到了快速的发展,越来越多的电力设备、电力负荷和分布式电源不断接入电网,电力系统正在变得越来越复杂和庞大,系统数据也变得越来越大、多变和难以处理。当前城市化进程不断加速,城乡道路和居民建筑的规划进程不断加快,使得电网的规划越来越难。另一方面,各种智能电子设备的出现,使得人们对供电质量的要求也在不断提高。由于以上几个方面的原因,传统的电力系统配电网的管理和运营方式已经越来越难以满足现代电网的建设和运行要求^[1]。

现代电力系统组成结构比较复杂,不仅包括基础的变配电设备、传输网络,还包括各类复杂的用电负荷和分布式电源。因此,现代电力系统具有连接设备多、电气线路复杂、网络数据量大和动态变化频繁等特点,而且具有动态响应快、状态诊断及时准确的要求,因此为满足现代电力系统的运行要求,提高供电可靠性和电能质量,需要运用先进的技术手段,借助计算机等现代工具,将各种位置、数据等各种信息统一进行处理和共享。

地理信息系统(GIS)具有强大的空间数据分析、处理和组织功能。将GIS技术应用到电力系统领域的管理中,结合电力系统特色的运行特点和需求,可以为电力系统的规划和运行提供高效智能的管理方式,在很大程度上可以满足电力系统在运行、维护和调度等多方面的需要^[2]。

GIS在配电网的应用

1. 传统的GIS

传统的GIS是基于地理空间数据库,借助计算机等现代工具的支持,对空间相关数据进行统一的采集、处理和操作,为解决资源规划和管理过程中的各类复杂问题提供便利的处理方式。

传统的GIS是对地理图形以一种客观的方式进行分层展示,在研究点、线和面之间的空间位置关系的基础上,将空间信息与属性信息分开进行存储。传统的GIS操作方便,同时具有很好的系统性能,因此在地理信息处理方面具有很大

关键词/Keywords

GIS ·
电力网络 ·
数据网络 ·
拓扑 ·

的优势,非常适合在市政、交通规划等领域使用。

完整的GIS系统从结构组成上看,主要包括计算机处理系统、GIS数据系统和用户3个基本的组成部分^[3],系统组成示意图如图1所示。

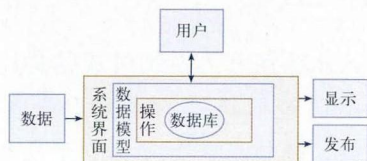


图1 传统的地理信息系统组成示意图

2. 电力GIS

传统的GIS在地理信息的数据处理方面纵然有很多优点,被广泛应用于市政和交通领域,但由于系统比较庞大,扩展性较差,对系统的软硬件要求也比较高,尤其是传统的GIS处理的属性信息主要是一些地理数据,和电力系统中的属性信息有较大差别,因此传统的GIS直接应用到电力数据网络的规划和管理领域会有些力不从心。

因此,想要将GIS的优势应用于电力领域,打造适应电力领域的GIS,必须充分地结合现代电力系统特殊的运行特点,并根据电力系统的实际运行要求,建立电力GIS数据系统^[4]。

电力GIS的主要目标是提高电力系统连接的各种设备的可视化,增强对系统中的设备和输电线路的实时监控。电力GIS是以电力系统中的变电站、输电线路等作为基本的研究对象,实现电力系统的实时分析与动态计算,同时对电力系统生产、运行等过程的属性数据与空间数据,进行统一的建模和存储。

由以上分析可知,可以利用GIS强大的数据组织和空间分析功能,应用于电力的管理领域,辅助电力主管部门提高对电力生产和经营管理的功能。因此,研究适合于现代电网特点和要求的GIS数据网络拓扑模型,对于提高现代电网的综合管理水平,提高现代电网的供电质量和供电可靠性具有重要的意义^[5]。

电力GIS数据网络拓扑模型

1. 配电网的网络结构

配电网是电力系统的关键组成部分,相当于

人体的大动脉,在电力系统网络中承担电能的运输和分配作用。配电网可以分为主干线路、一级分支和二级分支等多种线路,主要由各个线路上的变压器、负荷以及其他设备组成,配电网的结构示意图如图2所示。

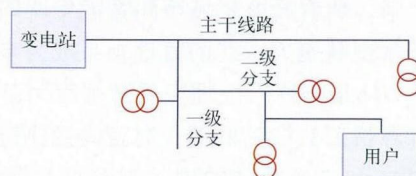


图2 配电网结构示意图

配电网结构复杂,管理对象涉及到连接电网的各种设备,包括变电站、杆塔、线路、变压器、开关及用户等多种对象。这些管理对象在整个供电领域彼此相连,位于不同的地理位置,呈现出明显的地理分布特征。不仅配电网中各个对象呈现明显的地理分布特征,例如用户的分布具有明显的点状分布特征,输电线路具有明显的线状分布特征。而且配电网中的诸多管理操作也都受距离和位置等地理因素的影响,所以可见配电网呈现出良好的地理分布特征,将配电网和GIS系统进行融合具有先天的优势。

配电网管理的对象按照其地理分布特点,可以分为点、线和面三种实体:

1) 点实体。杆塔、变压器和开关等单个设备在图中都是呈典型的点状分布,在图上是以一个点的形式存在,与其他对象也是以点的形式产生联系。

2) 线实体。配电线路在图中都呈典型的线状分布,它们反映的是一种方向和走势,线实体包含若干个离散的点,以两个或多个点的形式存在。

3) 面实体。变电站和用户单位等在图中都呈面状分布,它们的共同特点是呈区域分布的特点,他们在图上由多条封闭的折线组成^[6]。

由上述可以看出,配电网呈现出明显的地理特征,管理的对象不孤立存在,而是密切相连,并在地理上呈现典型的点、线和面的分布特点,以下是几种常见的联系方式:

1) 点与点。两个杆塔的杆距、两个变压器直

接的连接都是典型的点点连接方式。

2) 点与线。变压器和开关的挂靠关系式就是典型的点线连接方式。

3) 点与面。两者之间会涉及到变压器、杆塔和供电区域的所属问题。

4) 线与面。输配电线路和用户单位的供电区域问题是典型的线面连接方式。

5) 面与面。供电区域内的各种电力设备、用电负荷的分布问题都是面面连接方式。

2. 电力GIS数据结构模型

配电网的管理对象所具有的明显的地理分布特征，因此其数据可以比拟地理信息数据。可以将配电网与GIS系统的数据模型实现完美结合，建立适用于电力系统的电力GIS数据模型。对应传统的GIS系统，电力GIS系统按处理数据的形式包括分为空间数据和属性数据。

(1) 空间数据

空间数据主要是用来记录和管理电力系统中各种管理对象的确切地理位置。这些对象包括变压器、变电站、用户、线路、配电设备和用户等对象呈现典型的点、线和面分布形式，由矢量数据库软件实现对其管理。

下面采用矢量编码方法对点、线和面等对象的空间数据进行描述^[7]。点、线和面实体的矢量编码内容如图3所示。

点	线	面
ID	ID	ID
点类型	线类型	面类型
x, y坐标	起点标识码	外多边形标识码
简单物理属性	终点标识码	相邻多边形标识码
	简单物理属性	简单物理属性

图3 点、线和面实体的矢量编码内容

点实体对应于电力系统中的杆塔、变压器和开关等对象，图3中点的矢量编码内容表达了点实体的点存储的内容，反映了点实体的数据组织结构，点实体用矢量数据模型，可以描述为

$$N = \{ID, N - Type; (x, y); Attribute\} \quad (1)$$

式中，ID为系统排列序号，是系统生成的唯一标志字段；N-Type为点类型，用来说明该点的类

型；(x,y)为x、y的坐标，来表达点所处的具体的空间位置信息；Attribute为简单物理属性，表达与点相联的物理属性，根据记录需求和应用需求，将与点相关的简单的物理属性信息进行存储。

线实体对应于电力系统中的线路和街道等对象，用矢量数据模型，可以描述为

$$L = \{ID, L - Type; N_1; N_2; Attribute\} \quad (2)$$

式中，ID为系统排列序号，是系统生成的唯一标志字段；L-Type为线类型，用来表示该线的类型；N₁、N₂为起始终点和终止结点，通过两者的点号来表示相应结点；Attribute为简单的物理属性，用来记录与线相关的一些物理属性，例如线的虚实、粗细等。

面实体对应于电力系统中变电站和用户单位等对象，面实体比点实体和线实体复杂，是整个系统中描述地理空间信息的最重要的数据类型。面实体是对整个网络的反映，不仅要表示出其空间位置和属性，还要能反映出该面所处区域的拓扑类型。面实体采用多边形矢量编码，可以描述为

$$P = \{ID, P - Type; ID_2; ID_3; Attribute\} \quad (3)$$

式中，ID为指系统排列序号，是系统生成的唯一标志字段；P-Type为面类型，用来说明该面的类型；ID₂和ID₃为外多边形标识码和相邻多边形标识码，通过两个标志码来表表达面的形状和区域；简单的物理属性，同点、线的表示方式一样，用Attribute进行表示与面相关的属性信息。

通过以上的分析，可以说明电力GIS系统存储的内容，在电力GIS系统中，每个相关电力设备的点、线和面实体都与彼此紧密相连，形成辐射的树状供电网络拓扑。为方便对电力GIS系统的拓扑结构进行分析，以下举例说明电力GIS拓扑关系的定义方式。

首先，定义位于杆塔上的开关作为数据结构中的点，并存储该点的空间坐标信息。

其次，由于开关之间都是通过线路进行连接，因此定义该输电线的首尾坐标为线实体，并进行存储记录。

这样，定义的线实体的输电线就成了点实体电杆之间拓扑关系的指针，通过这样的定义表达

方式,就可以把杆塔和输电线路用数据结构的方法进行定义和存储。在此基础上,就能进一步地实现对系配电网拓扑的分析^[8]。

(2) 属性数据

除了空间数据,电力网中还包括一些影响电力系统运行的属性数据,例如系统中各种电力设备的运行情况、工作人员的工作情况和用户的负荷类型等。这些属性数据并不像空间数据一样,具有明显的点、线和面的地理分布特征,属于非空间数据,和地理坐标没有确切的关系。通常,这些电力系统的属性数据由链表、树和索引等结构组成,由关系数据库管理软件对其进行统一管理^[9]。

由上述分析,可以得到配电网GIS系统的数据模型如图4所示,电力数据分为空间数据和属性数据,其中空间数据采用矢量数据模型进行描述,由矢量数据库软件进行统一管理。属性数据采用关系数据模型进行描述,由关系数据库软件进行统一的管理。

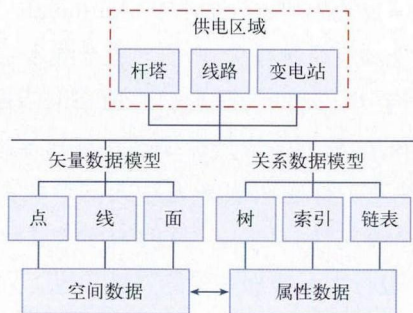


图4 电力GIS数据网络拓扑模型

结束语

随着现代电网的发展,对于提高现代电网的综合管理水平以及供电质量和供电可靠性的需求要越来越迫切。电力系统的配电网具有明显的地理

分布特征,可以结合传统GIS技术,对电力数据进行处理,为电力系统的管理和运行提供便捷。本文在分析传统的GIS的应用特点和不足之处的基础上,结合电力系统特殊的运行特点和要求,对电力GIS数据网络拓扑模型展开研究,对电力GIS数据类型进行了分析和研究,建立了连接空间位置与电力数据信息的电力GIS数据网络拓扑模型。下一步的工作是进行电力GIS的数据库的设计,并在实际的电力网上展开试验。

参考文献

- [1] 周驰,郭宝,王沈亮,等.生产管理系统与电网GIS平台集成应用分析[J].电力信息化,2011(2).
- [2] 李伟.基于ArcGIS的电网GIS空间信息服务平台建设[J].山西建筑,2011(6).
- [3] 王明岗,毕睿华.基于前推后代法解决环网的配电网潮流计算[J].南京工程学院学报:自然科学版,2005(1).
- [4] 陈军,蒋捷.多维动态GIS的空间数据建模、处理与分析[J].武汉测绘科技大学学报,2000(3).
- [5] 匡洪海,黄少先.配电网停电管理系统方案设计[J].电力系统自动化,2004(24).
- [6] 高研,丁明,毕锐,等.基于CIM的图形化电网拓扑建模与分析[J].合肥工业大学学报:自然科学版,2010(5).
- [7] 黄彦浩,李晓明.配电网重构遗传算法的不可行解问题研究[J].电力建设,2004(3).
- [8] 别朝红,王秀丽,王锡凡.复杂配电系统的可靠性评估[J].西安交通大学学报,2000(8).
- [9] 余贻鑫,王成山,肖俊,等.城网规划计算机辅助决策系统[J].电力系统自动化,2000(15).

(收稿日期:2015-04-11) EA

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告