

基于地理信息系统的农村电网规划

汤红卫 郭喜庆

(中国农业大学电子电力工程学院)

摘要 针对目前农村电网规划难以满足规划人员实用要求的现状, 提出应用地理信息系统(GIS)技术改进农村电网规划的设想, 并结合珠海斗门县电网进行了试验性的研究。利用VB5.0和GIS软件进行了农村电网规划应用程序的开发, 实现了农村电网的变电站选址以及路径优化。研究表明, 借助GIS无需复杂的计算便可实现农村电网的规划, 且规划过程更具交互性, 规划结果更具直观性, 方案调整更具灵活性。GIS可作为农村电网规划人员的得力工具。

关键词 GIS; 农村电网规划; 数据组织; 变电站选址; 路径优化

中图分类号 TM 715

Rural Power Distribution System Planning Based on GIS

Tang Hongwei Guo Xiqing

(College of Electronic and Electric Power Engineering, CAU)

Abstract Since the present rural power grid planning method can not meet the practical demand, A new planning is presented under the assume that the Geographical Information System (GIS) technology being introduced into rural power distribution system planning. A trial study combined with the power network of Doumen county in Zhuhai is carried out, and the application using VB5.0 and GIS platform is explored, the substation location and optimal path for rural power distribution system is realized. The result showed that: with GIS, no complex algorithm, the planning procedure can be more interactive, the planning result is more visible, the planning updated is more flexible. GIS can be used as a right-hand tool for rural power distribution system planners.

Key words GIS; rural power distribution system planning; data design; substation location; optimal path

已有的电网规划研究多采用数学模型, 但因其无法考虑地理环境因素, 而使最终提出的复杂算法可能不实用。地理信息系统(GIS)的迅速发展与广泛应用使电网规划进入全新的阶段。利用GIS能有效地考虑地理环境因素, 并且将需要规划的电网直观地显示于规划人员面前, 使规划过程更具交互性, 电网规划更具灵活性且符合实际^[1]。

我国现有的农村电网规划方法相对陈旧落后, 前期计算复杂、精度低, 对现状和规划的评价不灵活, 方案调整费工费时; 而国外及国内电网规划方法和软件又难以适应农村电网规划的客观需要。

收稿日期: 2000-09-06

汤红卫, 北京清华东路17号 中国农业大学(东校区)214信箱, 100083

笔者结合农村电网规划的实际, 利用 GIS 以实现农村电网规划的可视化、自动化和地理数据图形化, 旨在解决如下问题: 变电站选址和容量选择、10 kV 配电线路的路径优化和导线截面选择。

1 基于 GIS 的农村电网规划中的数据组织

在地理信息系统中, 对空间实体的数据描述分为空间特征和属性特征, 属性特征是对空间特征的描述。空间特征数据主要有矢量和栅格 2 种基本数据类型, 主要表现为点、线、面 3 种图形信息; 属性特征数据则表现为一些关系表格。如果为每一个空间特征以及这个空间特征的描述(即属性特征)赋予共同并且是唯一的标识符, 那么, 这个标识符则保证了空间特征属性数据之间一一对应的关系^[2]。

农村电网具有上述点、线、面 3 类空间特征数据。如变压器、开关及电线杆等的空间位置可以用一个点的坐标来表示, 属于“点”数据类型; 而它们的属性可以有多种描述, 例如, 对于一个变压器来说可以有几十个属性, 包括变压器额定容量、最大负荷等。配电线路的空间数据可以是一线状的坐标串, 也可以是一封闭坐标串, 属于“线”数据类型, 其属性数据以线段为描述单元, 如配电线路的负荷、导线截面等。供电区域则属于“面”数据类型, 其属性数据有地貌、面积、行政隶属、人口、工农业总产值等。

本研究工作利用 Intergraph 公司开发的 GIS 软件 MGE7.11 对珠海市斗门县电网进行数字化, 建立了规划所需的 GIS 数据库, 并以该公司开发的桌面 GIS 软件 GeoMedia Professional 3.0 作为二次开发实验平台。

为结构清晰, 将规划数据分为若干层, 在每一层里再分为若干要素类。其中, 图形数据通过采用 1:20 000 的斗门县城镇土地利用地图作为底图, 在其上叠加原始电网图, 经扫描仪数字化录入计算机而获得。原始电网图用以提供原始数据, 并用于与规划电网图比较; 属性数据来自斗门县电网的历年统计资料。

设计的图形数据库的图层组成大致如下^[3,4]:

- 1) 各乡镇区域图层;
- 2) 水域图层;
- 3) 林地及其他性质地块图层;
- 4) 变电站图层, 10 kV 线路分布图层;
- 5) 负荷点分布图层(变电站供电区域图层);
- 6) 10 kV 线路供电用户分区图层。

各图层可以分层显示也可叠加显示。

设计的属性数据库由变电站属性表、10 kV 线路属性表和用户分区属性表等组成。这里仅列出线路属性表(表 1)。

表 1 线路属性表

线路编号	线路名称	主干线长	导线截面	用户数	配变台数	配变总容量
1	横山县	8.87	70	1	4	3 750
2	上横线	4.80	70	50	50	6 950
3	上水县	4.27	70	59	61	6 840

2 供电用户分区及电力负荷估计

为确定变电站的位置, 首先需要进行供电用户分区, 进而估计各分区的电力负荷需求。一般地, 一个县级中压电网参照行政管辖区划分成若干相对独立的乡镇级电网, 各乡镇分区电网有明确的供电区域范围, 不交叉供电。对供电用户分区大致有 2 种方法:

1) 按 10 kV 线路供电区域分区。规划人员依经验直接在计算机屏幕上的电网图中进一步将供电区域细分为供电用户分区。将各变电站的 10 kV 线路所涉及的供电区域划为一个供电用户分区, 则变电站若有 n 条 10 kV 线路就有 n 个供电用户分区。

2) 按各地块的土地使用性质分区。依不同的土地使用性质如林地、园地等, 将规划区分为不同的地块, 每一地块为一供电用户分区, 其面积由 GIS 软件给出。

本研究采用第 1 种分区方法。

从理论上讲 10 kV 线路供电区域的电力负荷估计值可以直接采用该线路上的负荷预测值, 通过对规划区的负荷预测值进行折算得到, 但误差较大。比较而言, 按土地使用性质估计电力负荷则较精确, 故一般依据土地使用性质估计电力负荷。具体实现方法如下:

依土地使用性质不同, 将各地块赋以不同的负荷权重, 记为 ω

$$\omega_1 + \omega_2 + \dots + \omega_n = 1$$

对于一个县级电网, 本文中将其土地使用性质大致分为如下几个大类: 耕地、园地及林地, 居民点及工矿用地, 水域及未利用土地。

各地块的负荷权重 ω 可以由分类负荷所占比重来估计。按照各地块的负荷权重和面积将负荷预测总量值分配到各地块中去, 进而估计出各供电用户分区的电力负荷值。

依据估计出的各供电用户分区的电力负荷值, 结合规划部门的实际要求, 即规划中各负荷点的负荷不大于 1 MVA, 将各供电用户分区的负荷平均分配给若干负荷点, 并直接利用计算机在电网地理接线图上勾勒出这些负荷点的位置。

3 变电站的位置选择

根据最小准则原理, 变电站的最优位置应选在整个用户群容量重心附近。假设 $(x_{i,k}, y_{i,k})$ 为规划区第 k 个供电区域内供电用户分区 i 的几何中心位置, $g_k(x, y)$ 为该供电区域变电站应选的位置^[2, 5] (图 1)。

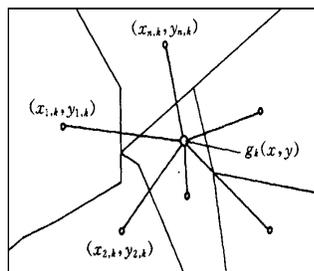


图 1 变电站位置选择示意图

供电区域 k 的变电站最优位置 $g_k(x, y)$ 可由式 (1) 求出:

$$m \inf \{g_k(x, y)\} = d_{1,k}^2 p_{1,k} + d_{2,k}^2 p_{2,k} + \dots + d_{n,k}^2 p_{n,k} = \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n d_{i,k}^2 p_{i,k} \quad (1)$$

其中: $d_{i,k}$ 为供电区域 k 内供电用户分区 i 的几何中心 $(x_{i,k}, y_{i,k})$ 到该供电区域容量重心 $g_k(x, y)$ 的距离, $d_{i,k} = [(x - x_{i,k})^2 + (y - y_{i,k})^2]^{1/2}$; $p_{i,k}$ 为供电区域 k 内供电用户分区 i 的负荷需求值; n 为供电区域内供电用户分区的个数; m 为规划区内供电区域的个数。

通过对上述二元函数求极值, 可知 $f\{g_k(x, y)\}$ 在驻点 (x_0, y_0) 处取得极小值, 即确定的第 k 个供电区域的变电站位置为

$$x = x_0 = \frac{\sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n x_{i,k} \cdot p_{i,k}}{\sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n p_{i,k}}$$

$$y = y_0 = \frac{\sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n y_{i,k} \cdot p_{i,k}}{\sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n p_{i,k}}$$

4 路径选择

在勾勒负荷点位置并确定了变电站的可能位置之后, 便可以进行最佳路径选择。由于农村 10 kV 电网本身是辐射型结构, 故采用图论中构造优化树的方法^[6-8], 使该树所表示的网络费用最小, 并满足线路传输容量及电压约束。

构造优化树的过程可以分为 2 步:

1) 首先建立初始树集(初始方案集)。初始树的建立, 从理论上讲, 可以采用穷举法通过节点之间的任意连接实现, 但实际上是行不通的。根据凯赖定理, 由 n 个顶点构造的树的数目是 n^{n-2} 个, 即便 $n=30$, 也是一个天文数字。笔者采用求无向图森林的方法来构造初始树集。

2) 在初始树集中选取满足约束条件的最优方案。

5 应用程序与 GIS 数据库的接口

在进行变电站选址和路径选择时, 需要从 GIS 数据库中获取数据, 如供电区域 k 内供电用户分区 i 几何中心的位置 $(x_{i,k}, y_{i,k})$ 、规划区的负荷总需求 P 、规划区的面积 A 、供电区域 k 内供电用户分区 i 的负荷需求 $p_{i,k}$ 等。应用程序在完成相应的计算后, 将计算结果存回到 GIS 数据库中, 并将确定出的变电站位置以及 10 kV 网络规划结果在计算机屏幕上的地理图中显示出来。笔者设计的接口框架见图 2, 用 VB5.0 实现接口程序。

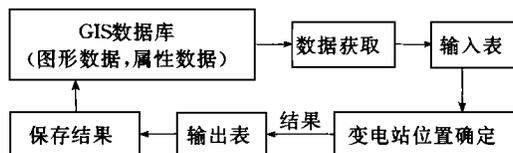


图 2 变电站选址程序与 GIS 数据库的接口

6 结束语

利用地理信息系统为农村电网优化规划提供基础数据, 使规划过程可视化, 能够方便地在

模型中考虑地理因素,且规划结果可通过计算机屏幕直接标注在地图上。另外规划人员可以将自身的实践经验融入规划过程中,如供电分区和勾勒负荷点位置等过程是交互的,因而更具灵活性。本文中结合珠海斗门县电网规划,实现了基于地理信息系统的变电站最优位置选择以及10 kV 线路路径选择。

参 考 文 献

- 1 Lin W hein in, T say M ingtong, W u Suwei Application of Geographic Information System to distribution information support IEEE Transactions on Power System, 1996, 11(1): 190~ 197
- 2 陈树彭,鲁学军 地理信息导论 北京:科学出版社,1999 240
- 3 邮电部电信科学技术研究院软件开发中心 信息可视化系统Map Info 在“九七工程”中的应用 <http://www.mapinfo.com.cn>
- 4 华北油田研究院,北京天地生软件有限公司 Map Info 成功地应用在华北油田中 <http://www.mapinfo.com.cn>
- 5 吴奇石,邱家驹 基于GIS的电网规划人工智能方法(一).电力系统自动化,1998,22(10): 17~ 19
- 6 FARRA G SM. New approach for planning primary distribution networks Electric Machines and Power System, 1993, 8(21): 683~ 694
- 7 肖位枢 图论及其算法 北京:航空工业出版社,1993 230
- 8 卢开澄 图论及其应用 北京:清华大学出版社,1995 223