

文章编号:1671-6833(2003)04-0016-03

变电站定位及供电区域划分的计算几何方法

杨丽徙^{1,2}, 王金凤¹, 段嘉平¹

(1. 郑州大学电气工程学院, 河南 郑州 450002; 2. 中国人民解放军信息工程大学测绘学院, 河南 郑州 450003)

摘 要: 综合考虑电网规划的经济技术要求和 Voronoi 图的几何特性, 提出了基于 V 图实现的新增变电站的定位及供电区域划分的计算几何方法; 利用 V 图的影响范围特性、最大空心圆特性和局部动态特性, 可以保证变电站位于负荷中心, 实现新增变电站的自动优化选址和各变电站供电区域的最佳划分。该计算方法为解决变电站的优化规划问题提供了新的研究思路。算例结果表明, 该计算几何方法具有一定的有效性和合理性。

关键词: 变电站; 定位; 供电区域; 计算几何; Voronoi 图

中图分类号: TM 715 **文献标识码:** A

0 引言

在电网发展规划中, 新增变电站的定位当否, 直接影响未来电力系统的线路的走径、网络的结构、电网的投资、运行的经济性及供电可靠性, 是电网发展规划中介于电力负荷预测和网络结构优化之间的一个关键问题。因此, 新增变电站的定位及供电区域划分的优化规划问题一直是电网规划研究中的热点问题。

本文提出了应用计算几何算法^[1]中的 Voronoi 图(简称 V 图)和 Delaunay 三角网(简称 D 三角网)解决变电站定位及供电区域划分的研究思路, 试图为求解这一集优化组合和平面选址为一体的大规模优化问题寻求一个新的研究途径。

1 变电站的定位及供电区域划分原则

在利用 V 图和 D 三角形计算几何方法, 解决新增变电站的定位和各变电站最佳供电区域划分问题时, 应遵循以下主要原则:

- (1) 靠近负荷中心。变电站的定位应尽可能靠近负荷中心, 以便减少电网的投资和网络损耗, 提高电网运行的经济性。
- (2) 合理的供电半径。各变电站的供电范围的大小与变电站主变容量、供电区域负荷密度、中低

压线路导线截面、系统允许电压损耗等多种因素相关。在综合考虑各相关因素后, 变电站的供电半径应在主变不过载、线路电压降小于 10% 的约束下确定。在电网规划中, 可采用最佳负荷矩来度量。

(3) 相对固定特性。一旦站址确定, 电气设备投入运行, 原则上应当在相当长的时间内不再变动并保证满足网络结构长期最优发展的要求。

2 V 图和 D 三角网

V 图和 D 三角网及其应用是计算几何中一个被广泛研究的问题。如图 1 所示, 虚线对应于 V 图, 实线对应于 D 三角网; 两者为几何对偶图形, 在空间数据处理中应用颇为广泛, 是分析研究区域离散数据的有力工具^[2]。

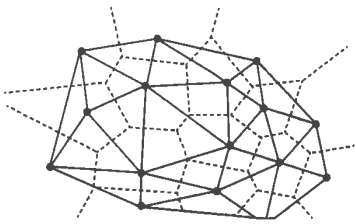


图 1 Voronoi 图及其对应 Delaunay 三角网
Fig. 1 Voronoi diagrams and its delaunav triangle net

2.1 Voronoi 图

平面上的 V 图可以看作是点集 P 中每个顶

收稿日期:2003-09-01; 修订日期:2003-10-20

基金项目:河南省科技攻关项目(0324250075)

作者简介:杨丽徙(1956-), 女, 江苏省盱眙市人, 郑州大学副教授, 中国人民解放军信息工程大学博士研究生, 主要从事电网规划及 GIS 工程方面的研究。

点 $p_i(i=1,2,\Delta,n)$ 以相同的速度向外扩张,直到彼此相遇为止而在平面上形成的图形;这样,除最外层的点形成开放的区域外,其余每个点都形成凸多边形.这一描述与变电站的定位及供电区域的划分具有极大的相似性.

假设 $P=\{p_1,p_2,\Delta,p_n\},3\leq n<\infty$ 是欧几里德平面上的一个点集,这些点互不相同,即 $p_i\neq p_j,i\neq j,i,j\in I_n\{1,2,\Delta,n\}$,用 $d(p_i,p_j)$ 表示点 p_i,p_j 的欧几里德距离.

设 x 为平面上的点,则区域 $V_{(i)}=\{x\in E^2|d(x,p_i)\leq d(x,p_j),i=1,2,\Delta,n,j\neq i\}$ 称为Voronoi 多边形(V 多边形),记为 $V(p_i)$;各点的V 多边形可以共同组成最近点意义下的V 图,如图1虚线所示.Voronoi 图的相关性质包括:

(1) 影响范围特性.每一个空间顶点唯一地对应一个V 多边形.相对于其他顶点来说,凡落在其V 多边形内的任一空间点与本顶点的距离为最小.这一特性与变电站位于负荷中心的选址约束相对应.

(2) 空圆特性.如图2所示,每个Voronoi 结点 q_i 至少是三条Voronoi 边的交点.若过V 图中的任意结点 q_i 作一圆 C_i ,且使 C_i 过结点 q_i 所在的Voronoi 边所对应的所有顶点(3个或更多),则 C_i 内不包含点集 P 中的任何其它顶点,是一个空圆,其中,半径最大的空圆 $C_k(C_k\in\Delta_i)$ 称为最大空圆.

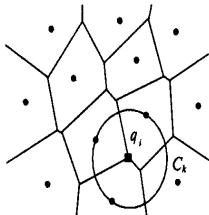


图 2 V 图的空圆特性及新增变电站的位置

Fig. 2 Empty circularity characteristic of Voronoi diagrams and the location of new substations

(3) 局部动态特性.删除或增加一个顶点,一般只影响6个左右的相邻空间目标.因此,采用本文方法时,每新增一个变电站,只需调整局部网络接线及供电区域,符合网络改造的工程特性.

2.2 Delaunay 三角网

Delaunay 三角网是V 图的几何对偶图形.有公共边的V 一多边形为相邻的V 一多边形,连接所有相邻的V 一多边形的顶点所形成的三角网称为Delauney 三角网,如图1的实线所示.与其它三角网相比,D 三角网具有如下性质:

(1) 空圆特性.任意一个D 三角形的外接圆

内不能包含点集中的任何其它点.

(2) 最大最小角性质.在相邻两个D 三角形构成的凸四边形中,在交换凸四边形的对角线之后,六个内角的最小者不再增大,三角网中所有三角形的最小角是最大的.

(3) 最小权三角剖分特性.D 三角网的总边长是最小的.

应用D 三角网的顶点生成的新增变电站待选站址,可以保证电网结构的坚固均衡发展.

2.3 V 图及D 三角网的生成方法

矢量V 图的生成方法有很多,常见的四种生成方法有增量法、分治法、并行法和间接法;前三种属于直接法,根据已知顶点直接生成顶点V 图;而间接法是先生成V 图的对偶D 三角网,然后生成V 图.本文采用了间接法,具体步骤参见文献[3].

3 变电站的定位及供电区域的自动划分

在每一个规划水平年中,新增变电站的容量,应根据总体负荷预测、空间负荷预测结果和新增大宗负荷计划,通过电力电量平衡来确定;新增变电站的个数 m ,应根据规划区域的负荷水平和标准站容的优化组合结果确定.本文着重研究新增变电站的自动定位问题.

3.1 最大空心圆定位策略

假设现有变电站均位于负荷中心,根据D 三角形的性质,可定义现有变电站所处的位置为D 三角形的顶点,并以此构成D 三角网及其伴生V 图.根据每个V 多边形与顶点的关系可知,以V 多边形确定该顶点对应的变电站的供电范围并校验相关约束和调整相关条件,可以保证位于该V 多边形内的空间负荷均距离其相应的变电站最近.

按照最大空心圆定位策略[3],可以对V 图中的每一结点 q_i 所对应的最大空心圆 C_i 按其半径大小进行排序,前 m 个空心圆所对应的结点就是新增变电站的待选站址.

考虑到同一电压级变电站之间的间隔距离,可按规划水平年该区域的平均负荷密度,选择变电站低压出线的最佳负荷矩,确定一个阈值 ϵ ,对待选站址中距离小于 ϵ 的结点进行处理;在阈值 ϵ 和新增变电站个数 m 确定的条件下,具体定位过程分析如下:

(1) 建立现有变电站顶点集 P ,以 $p_i(i=1,2,\Delta,n)$ 为D 三角形的顶点,做出相应的D 三角网

及其伴生V图:

(2) 求各V多边形的结点 q_i 所对应的最大空心圆及其半径 R_i .

(3) 求各结点 q_i 与 q_j 间的距离 $d_{ij}(i \neq j, i, j = 1, 2, 3, \dots, n)$;

(4) 比较各结点 q_i 与 q_j 间的距离 d_{ij} ,若 $d_{ij} < \epsilon$,将最大空心圆的半径 $R_x(x \in i, j)$,较小的空心圆所对应的结点 q_x 从结点集 q 中删去,保留所有 $d_{ij} > \epsilon$ 的结点;

(5) 对现有结点集 q 中的各结点对应的最大空心圆,按其半径从大到小排序;

(6) 按新增变电站的个数 m ,取前 m 个有效空心圆对应的结点位置为新增变电站的待选站址.

3.2 供电区域的局部修正

V图的局部动态特性对变电站的定位和供电区域的划分有两层含义:一是电力设备的使用寿命一般在20~30年,D三角网的顶点所对应的变电站的位置不宜改变;二是每新增一个变电站,其供电区域的划分只在相关区域内作局部调整,符合工程实际要求.应用局部插入法,修正新增顶点后的D三角网及其伴生V图,即可自动完成供电区域的重新划分.

4 算例

本文以河南省某市2000年城区110KV及以上电压级电网为例,实现了本规划水平年新增变电站的自动定位和供电区域的自动最优划分.变电站的原始位置(圆点)及其供电区域的划分(V多边形)如图3所示.以现有变电站的位置为D三角网的顶点,生成D三角网(虚线),以V图实现供电区域的划分(实线).

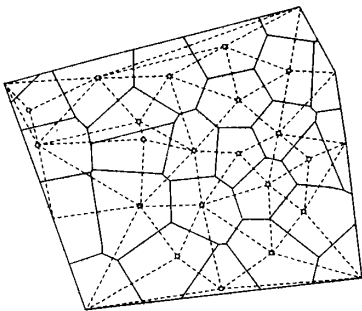


图3 现有变电站的点位及其供电范围

Fig.3 Location and power supply area of existing substation

根据V图的性质,V图中的结点均为其对应的D三角形的外接圆的圆心,即新增变电站的备选位置.根据该规划区域的负荷预测和电力电量平衡结果,需新增110KV变电站4座.按照上述思路,新增变电站的位置(方点)及供电区域的重新划分结果如图4所示.

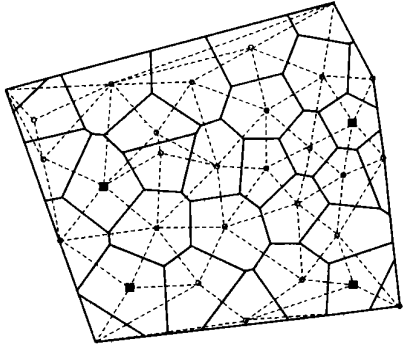


图4 基于最大空心圆的定位结果

Fig.4 Result of location based on the maximal empty circularity

5 结论

在城市电网GIS的基础上,引入计算几何中的V图和D三角网的概念,利用其相关特性实现了新增变电站的自动定位和供电区域的自动划分,对解决变电站的优化规划问题是一种尝试,算例结果表明了这种尝试的有效性和合理性.

应该说明的是,上述分析是在新增变电站的容量和台数一定、新增负荷的空间位置待定的条件下进行的,只解决了变电站优化规划的一个子问题,如何综合实现上述条件的最优,还需要进行更深入的研究.

参考文献:

[1] 周培德. 计算几何——算法分析与设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2000.
[2] 周海燕. 空间数据挖掘的研究[D]. 郑州: 中国人民解放军信息工程大学, 2003.
[3] 陈军. Voronoi 动态空间数据模型[M]. 北京: 测绘出版社, 2002.

(下转第45页)

[4] 周彩荣,王斐,高斌,等. 1,2-环己二醇合成新工艺的研究[J]. 郑州大学学报(工学版), 2003, 24(1): 56~62.

[5] 周彩荣,蒋登高,王斐,等. 反式-1,2-环己二醇合成研究[J]. 四川大学学报, 2002, 34(5): 85~88.

[6] 宋世谟,王正烈,李文斌,物理化学[M]. 北京:高等教育出版社, 1995.

Kinetic Study on Synthesis of 1,2-Cyclohexanediol

ZHOU Cai-rong, SUN Li-min, JIANG Deng-gao

(College of Chemical Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract : Kinetics of synthesizing 1,2-cyclohexanediol from cyclohexene by the effect of catalyst was studied, the reaction and the kinetic model of whole process were investigated. The kinetics equation is written as $r_A = \frac{dc_A}{dt} = 1.59442 \times 10^5 \exp(-\frac{4810.18386}{T})c_A$, and the values of activation energy were given to be 39.992 kJ·mol⁻¹ in Arrhenius equation. At last, the kinetic model was tested and verified by experiments whose result is satisfactory to the kinetic model.

Key words : cyclohexene; 1,2-cyclohexanediol; kinetics

(上接第18页)

A Counting Geometric Method for Locating and Power Supply Area Hotting of Substations

YANG Li-xi^{1,2}, WANG Jin-feng¹, DUAN Ja-ping¹

(1.College of Electrical Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China; 2.School of Survey & Drawing Information Engineering University of PLA, Zhengzhou 450003, China)

Abstract : A counting geometric method for automatically locating and power supply area plotting of substation is presented in this paper. It synthetically considers the technology and economic demand of the power planning and the geometric characteristics of the influenced region, maximal empty circularity and local dynamic of Voronoi diagrams. The method can ensure the auto-optimized locating of the substations, the best partition of the substation power supply area, and pioneer a new way to optimize planning of the substation. The example systems demonstrate the validity and rationality of the method.

Key words : substation; locating; power supply area; counting geometric; Voronoi diagrams