

New Load Density Forecasting Method for Objective Network Planning*

Xiaokan Wang

Henan Mechanical and Electrical Vocational College, Zhengzhou
Email: wxkbbg@163.com

Received: Jan. 17th, 2012; revised: Jan. 21st, 2012; accepted: Jan. 29th, 2012

Abstract: There are some problems such as various uncertain factors, a lot of spatial data are required, and the vast amount of work in the conventional forecasting methods. So proposed a new load density forecasting method for objective network planning which based on the city's objective planning identified by the nature of land area that can reduce the uncertainty of land area. Using this method to processing the collected data of the Zhongshan perspective land area and a large number of load information supplied by Zhongshan Power Supply Bureau, which can eliminate the conventional forecasting methods' uncertainty in line with land area. The uncertainty of land area was locked in each load density, and comparing and anglicizing this forecasting method with the horizontal comparison method, and forecasted the level of forecasting electricity and load spatial distribution forecasting for Zhongshan. The results showed that it significantly reduced the load forecast uncertainty factors and improved the accuracy of load forecasting.

Keywords: Load Density Forecasting; Spatial Load Forecasting; Objective Network Planning; Saturation Analysis; Zoning

一种适应于目标网架规划的负荷密度预测新方法*

王晓侃

河南机电职业学院, 郑州
Email: wxkbbg@163.com

收稿日期: 2012年1月17日; 修回日期: 2012年1月21日; 录用日期: 2012年1月29日

摘要: 针对常规预测方法的不确定性因素比较多, 且需要大量的空间数据, 计算工作量大, 提出基于目标网架规划的负荷密度预测新方法, 它依据城市的目标规划所确定的各种用地性质的面积, 减少了土地面积的不确定性。采用该方法对中山远景的土地面积的资料收集和大量中山供电局负荷信息的处理, 消除了常规符合预测方法中用地面积的不确定性, 把不确定因素锁定在每种用地的负荷密度, 并用横向比较法等预测方法进行比较分析和校核, 对中山市的远景的用电负荷水平及负荷空间分布进行预测, 结果表明大大减少了负荷预测的不确定因素, 提高了负荷预测的精度。

关键词: 负荷密度预测; 空间负荷预测; 目标网架规划; 饱和分析法; 分区

1. 引言

随着社会的进步和经济的发展, 人们对电能质量和供电可靠性的要求越来越高。在城市中, 配电网直

接面对消费者(工业、商业和居民等), 无论对旧电网进行改造还是建设新的电网, 配电网规划对城市电网能否满足未来负荷的发展和供电质量的需要有着直接的影响。

*资助信息: 国家科技部科技计划项目(No.11C26214102523, No.10C26244104519), 河南省自然科学基金(102300410240)。

科学预测是正确决策的依据和保证, 负荷预测是

城市电力工程规划编制的基础和重要内容,是合理确定城市电源、电网规模和布局的基本依据。由于我国的经济正处于高速发展期而相关政策也在探索完善过程中,变化较大,不确定因素多,规律性不强,负荷的发展和变化的情况比较复杂,用传统的负荷预测在负荷与时间的对应关系、负荷的大小和地理位置分布上都存在着较大的偏差,所以造成时间序列趋势模型和相关分析模型拟和历史数据进行预测的结果并不令人满意。尤其对于新开发地区,没有历史的负荷数据,且电网中经常出现的负荷转移问题对常规负荷预测结果产生很大的影响,而传统的趋势外推法、单耗法、弹性系数法、土地仿真法等预测方法很难预测小区用地类型发生变化的负荷的发展情况。因此,本文考虑采用负荷密度预测法对中山市远景负荷规划进行预测^[1,2]。

2. 负荷密度预测基本思路

现代配电网的合理规划和可靠运行的关键是准确的负荷预测。只有在预测了配电网供电区域内小区的将来负荷空间分布后,才能确定配电网应安装设备的型号、规格、地点及安装时间。空间负荷预测即是这样一种预测,它不仅预测将来负荷的量,而且预测将来负荷增长的空间位置,是将负荷的总量分配到各个供电小区的过程。

负荷密度法即空间负荷预测法^[3-5],空间负荷预测的概念最早是由美国的 H. Lee Willis 在上世纪 80 年代提出的。该方法是根据土地利用规划,从地区土地面积(或建筑面积)的平均耗电量出发作预测,通过对大量来源于中山供电局信息系统多年积累的数据的处理,预测出远景的土地面积(或建筑面积)和单位面积负荷密度,进而得到全市负荷量预测值及负荷的空间分布情况。负荷密度法在分区规划资料准确的前提下,不确定因素只有负荷密度的取值,其他受人为影响的因素也相对较少,这在理论上能够保证得到比较准确的预测结果。因此,本规划主要采用负荷密度法进行负荷预测,用横向比较法等预测方法进行比较分析和校核。进而合理的地理分区,简化了空间负荷预测的过程,提高了预测的精度和可信度。

因此,中山市远景负荷规划采用负荷密度法进行负荷预测,用横向比较法等预测方法进行比较分析和

校核。根据中山市总体规划的四大组团 20 个镇区详细的规划地块资料,按照用地功能及典型负荷的特点,进行远景负荷预测,从而掌握四大组团各镇区负荷的分布情况,推算出各分区的负荷总量作为电网规划的主要依据。运用时空地理分布模型,将负荷落实到城市的具体位置,确定未来可能的负荷中心,可以为变电站的规划布点和电网规划提供详实的依据。

现在,每个城市都会有城市目标规划,对建设用地面积等各种土地用途做比较严格、详细的控制。中山供电局在城市电网目标网架规划中,提出依据城市的目标规划所确定的各种用地性质的面积,减少了不确定性。中山通过远景的土地面积的资料收集和对于大量来源于中山供电局信息的处理,消除了用地仿真法中用地面积的不确定性,大大提高了负荷预测的精度;不确定因素只有每种用地的负荷密度。因此选用了基于目标框架的空间负荷预测的方法对中山市的负荷进行预测。

3. 负荷密度预测方法

现在每个城市都会有城市目标规划,对建设用地面积等各种土地用途做比较严格、详细的控制。基于目标框架的负荷密度预测的方法对中山市的负荷进行预测主要思路是:通过对中山远景的土地面积的资料收集和大量来源于中山供电局信息的处理,可以消除用地仿真法中用地面积的不确定性,把不确定因素锁定在每种用地的负荷密度,并用横向比较法等预测方法进行比较分析和校核,因此大大提高了负荷预测的精度。

3.1. 负荷数据挖掘

负荷数据挖掘是一个从大量数据中抽取挖掘出未知的、有价值的模式或规律等知识的复杂过程。整个负荷数据挖掘的主要步骤有:

- 1) 负荷数据清洗:清除数据噪声和与挖掘主题明显无关的数据;
- 2) 负荷数据集成:将来自多数据源中的相关数据组合到一起;
- 3) 负荷数据转换:将数据转换为易于进行数据挖掘的数据存储形式;
- 4) 负荷数据销减:从庞大的数据集中获得一个精

简的数据集合，并保持原有数据集的完整性；

5) 负荷数据挖掘: 利用智能方法挖掘负荷数据模式或规律知识。

知识发现的前4步是数据预处理过程，它是数据挖掘的一个非常重要的阶段，直接影响数据挖掘的效果。在这一阶段中可采用多种方式进行处理，如信息论的基本概念，剔除那些错误的、虚假的信息，得到可供数据挖掘用的有用信息；然后，数据挖掘再采用特定的方法从中寻求内在的、隐含的关联性，并用易于理解和实用的方式进行知识表达。由知识发现的过程可看出数据挖掘实际上只是知识发现中的一个步骤它主要是利用某些特定的知识发现算法，在一定的运算效率的限制内，从数据中发现出有关的知识，数据挖掘是知识发现中最重要的一步。因此，人们往往不加区别地使用知识发现和数据挖掘。面对电力系统中迅速膨胀的数据信息量，根据电力系统安全性、经济性的要求，将数据挖掘技术引入电力系统数据库中的数据分析。

从中山供电局已有信息系统中，挖掘、统计分析各类建设用地的平均负荷密度。这样可以用负荷密度预测法从地区土地面积(或建筑面积)的平均耗电量出发作预测。一般，先预测未来某时期的土地面积(或建筑面积)和单位面积用电密度，再乘以面积得到用电量预测值，分区负荷预测法首先根据近年来的发展情况、经济发展目标以及电力规划目标将待预测区域划分成多个功能区，然后对每个功能区用负荷密度法进行预测，最后相加得到总的用电量预测值。

3.2. 饱和分析法

在电网规划和负荷预测中，饱和负荷是指负荷呈现饱和特性，按照自然规律较平缓增长的状态，即负荷不再随时间变化呈阶跃型增长。

一般情况下，一个地区的负荷增长呈S型，如图1所示：

在电网规划中，饱和分析法主要从以下三个方面分析：

- 1) 负荷增长是否已经进入饱和阶段。
- 2) 假设没有进入饱和阶段，那么考虑负荷水平达到多高时进入饱和阶段。
- 3) 进入饱和阶段后负荷的增长率。

对于中山的远景规划，如果土地用途(性质)变更比较少，或者从低负荷密度向高负荷密度转变的土地比较少，则可认为该地区已经暂时进入饱和阶段。具体实现是这样的：可通过对不同用地性质的负荷密度进行抽样调查，得到各种用地性质当前的平均负荷密度；假设各种用地性质的负荷密度均已经进入饱和，采用S曲线拟合得到未来某个时间点每种用地性质的负荷密度；根据城市远景规划，分析土地性质变更的程度，计算土地性质变更导致的负荷的增长。

不同的地区，负荷增长处于不同的阶段，增长呈现不同的规律。在电网规划中，考虑饱和负荷，有利于提高负荷预测的精度，有利于做好电网的目标规划。

3.3. 辐射分析法

随着经济条件的改善，城市的交通条件会越来越便利，人们对距离的概念将会发生改变。以前远距离的现在可能就会变成近，在小区用地分析中距离是影响很大的因素，如离市中心的距离影响人们对住宅的选择，离高速公路的距离是建立工业小区重要的考虑因素。电力负荷虽有随机、不确定的一面，但却有明显的变化和发展趋势。根据各行业负荷变化的规律，运用趋势外推技术进行负荷密度预测能够得到较为理想的结果。辐射分析法有线性趋势预测、对数趋势预测、二次曲线趋势预测、多项式趋势预测、季节型预测和累计预测等方法^[6-8]。辐射分析法的优点是只需要历史数据、所需的数据量较少。缺点是如果负荷出现变动，会引起较大的误差。

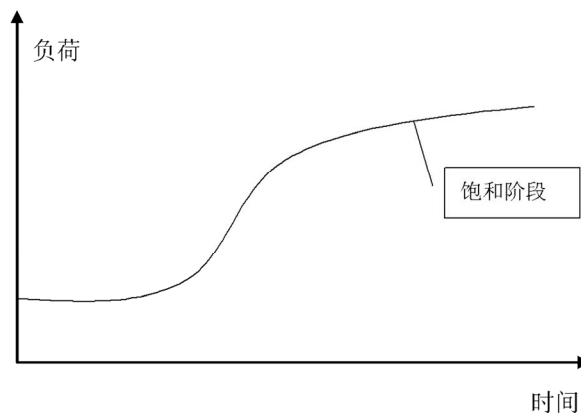


Figure 1. S type curve of load growth
图 1. 负荷增长的 S 型曲线

3.4. 横向对比法

对具有相似研究特征的事件进行对比分析和预测,如新开发区的建设,无历史经验可以借鉴,此时可用对比法预测负荷的发展。横向比较的关键是选择具有对比性的国家或城市。一般选经济发达,且经济结构与本地区有某种相似的国家或城市作比较对象。

3.4.1. 对比分析国内其他城市的饱和负荷

考虑到中山地区的人口、面积、经济发展的趋势,我们选取广州、佛山等大中城市作为对比,分析中山用电结构及水平的差异,可能对用电量及用电负荷造成的影响。

根据国内经济统计资料及网站所查寻资料:广州市:2000年人均用电达到0.34万kWh,2010年人均用电达到0.85万kWh;预测广州(老八区,面积900km²)远景负荷为1900万kW,平均负荷密度达2.16万kW/km²;佛山市:2000年人均用电达到0.51万kWh,2010年人均用电达到1.39万kWh,预计大佛山市(面积950km²)的远景负荷为1420万kW,平均负荷密度为1.5万kW/km²。中山和广州、佛山比邻,地理条件相差不大,对比广州老八区和大佛山市区,中山属于中等城市,城市规模小于广州,与佛山类同,由于中山市行政架构为“市-镇区”二级模式,与城市结构为“市-县-镇区”三极模式的佛山相比,中山地域较小,但城市化程度高,由此预测中山远景平均负荷密度比广州老八区低,比大佛山市区略高,按1.69万/km²计算,中山市远景负荷达1054万kW。随着经济的进一步发展,中山市人均用电量增长迅速,由2000年的2304kWh/人到2005年的5078kWh/人,年平均增长率为17.1%。预测结果比较符合中山市区用电的最终发展。负荷连续几年增长率比较稳定,且增长率不太高、负荷值比较高,则可认为进入饱和阶段。

3.4.2. 对比分析主要国家和地区饱和负荷密度

新加坡:2000年人均用电达到0.79万kWh,2010年人均用电达到1.24万kWh;香港:2000年人均用电达到0.72万kWh,2010年人均用电达到0.88万kWh;台湾:2000年人均用电达到0.63万kWh,2010年人均用电达到0.97万kWh;韩国:2000年人均用

电达到0.44万kWh,2010年人均用电达到0.72万kWh;预测结果比较符合中山市区用电的最终发展。

根据国内外经济学研究结论表明^[9,10],国内人均GDP超过3千美元的地区,可认为负荷进入饱和阶段。其他地区可以参照达到饱和地区的人均用电量(全社会用电量,不是居民用电量),分析该地区是否进入饱和,或者进入饱和时的社会用电量。另外,省会城市和特大型城市的成熟市区一般也可认为是进入了饱和阶段,计算其人均用电量,可作为饱和负荷的参照基准。经济发展比较迅速、负荷尚未饱和的地区,可以用饱和负荷作为目标规划的参照基准。

4. 算例分析

按总体规划方案,将中山市区划分为四个组团20个镇区。考虑到变电站的供电范围,如果只预测出各分区负荷的话,由于每个分区的面积相对于变电站的供电范围显得太大(分区的面积平均在30km²左右),仍然不便于变电站的布点,因此,分区又被细分为1404个小地块,对于每个小地块,城市规划均对其用地性质、负荷密度、占地面积以及容积率作了规划。通过向政府规划部门收集各预测地块未来的土地规划方案,得到每个地块的可用于负荷预测的历史资料,如用地面积、用地性质、建筑容积率等。

整个负荷预测的过程共分为“地块负荷计算”和“地块负荷合并”两个步骤:

步骤一:各个地块负荷预测计算

按用地性质将中山市每个镇区划分成若干个小地块,并且规划中已提供了各个地块的用地性质、用地面积、建筑容积率等详细的资料,根据这些数据我们就能得出每个地块与规划相适应的远景负荷预测值:

$$L_i = S_i \times R_i \times p_i$$

其中: L_i 为第*i*个地块的远景负荷预测值; S_i 为第*i*个地块的用地面积; R_i 为第*i*个地块的建筑容积率; p_i 为第*i*个地块的远景负荷密度。 S_i 和 R_i 都可以直接在镇区规划资料中取得,而 p_i 是根据这个地块的用地性质取值,不同的用地对应于不同的远景负荷密度值。对于每一种类型的负荷,我们根据“城市中心区取高值,城郊结合区取中值,郊区取低值”的原则对它取定一个预测负荷密度值,代入到上式中就能得到

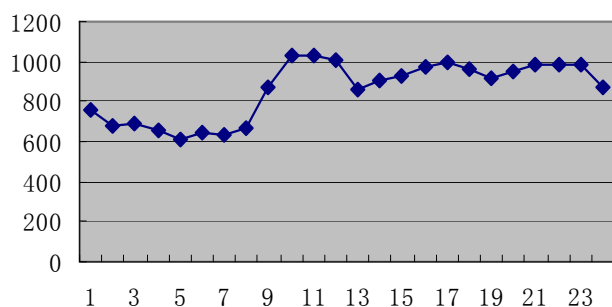


Figure 2. Daily load curve of Zhongshan
图 2. 中山市日负荷曲线图(单位: 万 kW)

这个地块的远景负荷预测结果。

步骤二：各个地块负荷合并

得出各个地块的远景负荷预测结果后，不能简单相加，需要乘以负荷同时率，将其负荷特性曲线相加来得出总值。再利用不同类负荷的典型负荷特性曲线，把每一个地块的负荷按其相应的负荷特性曲线分成 24 个时段，然后在每一个时段上对各个地块的负荷进行相加，这样就能得出一条新的合并后的日负荷曲线。

以中山市全市负荷预测为例，合并后的负荷曲线如图 2 所示。那么这条曲线的最大值就是我们所要求的中山市远景负荷预测值。从图中我们可以看出，中山市日负荷曲线正体现了中山市负荷以工业为主，工业强市的规划宗旨。

按照上面介绍的地块负荷合并的方法，我们可以求得各个区域、各个分区，各个组团，直至全中山的饱和负荷预测值。

5. 结论

本文利用基于目标框架的负荷密度预测新方法

(空间负荷预测法)，对中山远景电网的电力负荷进行了预测，并用横向比较法对预测结果进行了校验。证明该预测方法科学，预测的负荷结果比较准确，同时该结果为中山远景电网规划及其相应的变电站输变电工程项目的占点布线，提供了科学的依据。

参考文献 (References)

- [1] X.-Y. Zhang, J.-S. Yang, X.-M. Kang and Z.-X. Wang. Design of distribution automation planning system based on GIS. Instrumentation Customer, 2005, 12(5): 30-32.
- [2] M. Ding, X.-Y. Li and B. Li. Small area land-use analysis based on fuzzy neural networks in load forecasting. Electric Power, 2004, 37(12): 9-12.
- [3] W. Wei, D.-X. Niu and Z. Chang. New development of load forecast technology. Journal of North China Electric Power University, 2002, 29(1): 10-15.
- [4] J. D. Xie, G. Q. Tang, G. F. Xu, et al. The application of the combined forecasting method in the power load forecast. Electric Power, 1998, (6): 325.
- [5] S. H. Du. Methods of load forecast of electric power system. East China Electric Power, 2000, 28(9): 50-52.
- [6] B. Wu, M. Ding and M.-J. Chen. Spatial load forecasting based on fuzzy reasoning and multiobjective programming. Power System Technology, 2004, 28(15): 48-52.
- [7] C.-S. Wang, J. Xiao and F.-Z. Luo. Interval-based multi-layer decomposed calibration method for spatial load forecasting. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(12): 12-17.
- [8] L.-X. Yang. Study of the spatial analysis and power system planning theory. Information Engineering University of the People's Liberation Army, 2004.
- [9] M. Y. Chow, J. X. Zhu and H. Tran. Application of fuzzy multi-objective decision making in spatial load forecasting. IEEE Transaction on Power Systems, 1998, 12(3): 1185-1190.
- [10] S. K. Padmakumari, K. P. Mohands and S. Thiruvengadam. Application of fuzzy system theory in land use based long term distribution load forecasting. Proceedings of Energy Management and Power Delivery, 3-5 March 1998, 311-316.