

# 基于面向对象的电力系统中长期负荷预测软件的开发

史林军<sup>1,2</sup>, 唐国庆<sup>1</sup>, 马晓东<sup>3</sup>, 徐青山<sup>2</sup>

(1. 东南大学电气工程学院, 江苏 南京 210096; 2. 河海大学电气工程学院, 江苏 南京 210098;

3. 苏州供电公司, 江苏 苏州 215000)

**摘要:** 为了方便、快捷、准确地进行中长期负荷预测, 开发了基于 Windows 的电力系统中长期负荷预测软件。软件采用面向对象程序设计方法, 使系统易扩充、易维护。该软件除具有一般负荷预测软件所具有的计算快速、模型库丰富等特点之外, 还有原始数据输入简单方便、模型库扩充简易、具备饱和负荷预测以及考虑了与其它常用软件的接口等独特的地方。以华东某地区的供电量历史数据为例, 选择了 5 种不同模型进行预测, 并对结果进行了分析和比较, 最后还对该地区进行了“s”型饱和负荷预测。分析表明该软件使用方便, 预测精度满足电力负荷预测的精度要求, 具有一定的实用性。

**关键词:** 面向对象; 中长期负荷预测; 饱和负荷预测; 软件

## Development of a power system mid-long term load forecasting software based on object oriented programming

SHI Lin-jun<sup>1,2</sup>, TANG Guo-qing<sup>1</sup>, MA Xiao-dong<sup>3</sup>, XU Qing-shan<sup>1</sup>

(1. College of Electrical Engineering, Southeast China University, Nanjing 210096, China; 2. College of Electrical Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China; 3. Suzhou Electric Power Corporation, Suzhou 215000, China)

**Abstract:** It is a power system mid-long term load forecasting software based on windows for load forecasting conveniently and precisely, which is easy to make expansion and maintenance because of using OOP. The software not only has high calculation speed and various model library like others, but also has data input conveniently, model library expand easily and interface for other power software. Taking the historical data of electrical energy demand of a certain region of The East China for example, five different models are used for load forecasting and comparing with their forecasting results, and also forecasting the saturated load using s-type increasing curve. Analysis shows that the software has using conveniently, proper model library a high accuracy of forecasting results, so this software can meet the need of load forecasting precision in actual work.

**Key words:** object oriented; mid-long term load forecasting; saturation load forecasting; software

中图分类号: TM715

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2007)14-0059-04

## 0 引言

电力系统中长期负荷预测是一项极为复杂, 且又十分重要的工作。多年来, 国内外电力系统工作者已经积累了许多有关负荷预测的经验, 形成了许多传统、实用的常规预测方法<sup>[1,2]</sup>, 将这些宝贵的预测方法用计算机语言加以实现, 不仅可使广大的负荷预测工作者从繁重复杂的数学计算和庞杂的数据中解脱出来, 而且可以提高负荷预测的效率。因此, 现在有关中长期负荷预测的软件也越来越多, 这些软件基本都能提供多种负荷预测模型, 且软件界面友好、操作比较方便<sup>[3,5,7,9]</sup>。但是这些软件在模型库扩充的简易性、功能的齐全性、软件的通用性以及原始数据输入方便程度等方面或多或少都有所欠缺。因此, 本软件是在充分借鉴了其他同类软件的

基础上, 结合生产单位实际需求而开发的。软件具有相当的通用性, 能完成一般中长期负荷预测软件的所有基本功能, 具有一般负荷预测软件所具有的计算快速、模型库丰富等特点。此外, 考虑到某些地区的实际需要, 还增加了饱和负荷预测的功能。软件还在原始数据输入方面做了很多工作, 配备了多种输入原始数据的方式, 真正实现了最大限度方便用户输入原始数据, 使软件的可使用性大大加强。另外, 软件采用面向对象的程序设计方法以及良好的软件结构设计, 保证了软件的易扩充性。

## 1 开发平台

该软件是一个基于 Windows98/2000/xp 操作系统的应用软件, 以 Visual C++ 6.0 为开发工具, 利用它可以实现复杂的计算功能和友好的人机交互界面

面开发。后台数据库使用 Access 2000, 由于 Visual C++ 6.0 中提供了与 Access 2000 的接口, 因此数据库访问方便迅速。软件中还使用了 Microsoft Excel 软件, 通过 Excel 应用软件很好地解决了预测结果输出、打印等功能。

## 2 软件结构设计

系统采用面向对象的 C++ 语言进行编程, 基于面向对象的方法进行软件开发。软件中主要包括数据处理类、预测类、预测结果类等, 各个类之间相互独立, 只能通过类提供的接口共享数据, 从而从结构上就保证了系统易扩充、易维护。考虑到各个地区社会经济和电力发展的差异, 程序运行时, 可以在多处进行人工干预, 使预测结果更加符合各地区的实际情况, 软件的总体结构框图如图 1 所示。

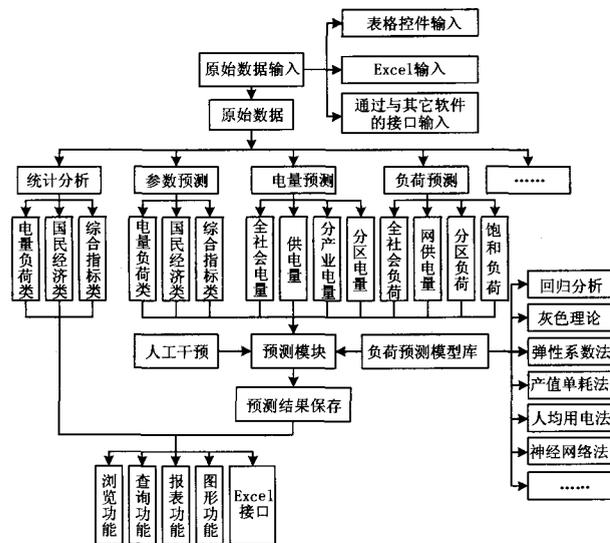


图 1 软件的总体结构

Fig.1 General structure of software

### 2.1 数据处理类

负荷预测是建立在历史数据的基础上的, 且电力系统工作人员常常需要查询以往的历史负荷数据以掌握负荷的变化规律, 因此软件有必要建立历史数据库, 并且可以随时更新。该软件中, 历史数据库主要包括如下几类数据:

(1) 国民经济和社会发展的指标数据, 如国内生产总值(GDP)、总人口数、第一、二、三产业产值, 八大行业产值等。

(2) 电量数据: 分行业、分地区电量以及总电量数据, 并且按照电力部门现有行业用电分类指标管理。

(3) 负荷数据: 分地区以及总负荷、最大利

用小时数等数据。

用户可以方便地选择表格、图形或者导出到 Excel 中来查看历史数据, 并且通过利用 VC6 中提供的表格控件可方便地对历史数据进行增加、删除和修改操作。为防止原始数据被随意更改或误操作, 专门设置了用户权限, 以及“确认更新”功能, 只有具有适当权限的用户以及改动被确认之后数据库才会被更新。

原始数据的输入以最大限度地方使用户使用为原则, 提供了多种输入方式, 最基本的功能是通过 VC6 的表格控件单个输入, 实际上这种输入原始数据的方式更适用于个别数据的修改。更简单的录入原始数据的方式是直接从 Excel 表中导入数据, 这种方式是先将原始数据录入到指定格式的 Excel 模板中, 然后在软件中选择 Excel 文件, 直接导入。这种方式最简单、实用, 因为一般的原始数据, 如电量数据、负荷数据以及国民经济数据等都直接放在 Excel 表格中, 通过简单的调整即可符合软件的格式。从 Excel 中导入数据还可以采用自定义方式, 即只要数据放在任意 Excel 表中, 通过自定义字段名, 也能完成数据自动导入数据库中, 并且一次自定义完成, 可以将给 Excel 作为模板, 以后可以多次使用。

另外, 通过本软件提供的与其它常用软件的接口, 可直接将其它软件中的数据导入到数据库中。总之, 通过软件提供的多种原始数据输入方式, 使得原始数据的输入节省大量时间, 从而也提高了软件可使用性。

### 2.2 预测类

预测类中包括参数预测、电量预测、年最大负荷预测、饱和负荷预测等。参数预测包括国民经济类的增长率、年最大负荷利用小时数等的预测, 采用一般的曲线拟合的方法。

年最大负荷预测通过调用模型库中提供的预测方法来实现。模型库中包含了丰富的预测模型(弹性系数法、产值单耗法、人均用电法、递增率法、回归分析、模糊模型、灰色模型、组合预测模型等), 并且可以随时添加新的模型。对地区负荷进行负荷预测时, 用户首先选择某个或者某几个模型, 然后按模型的要求选择所需要的历史数据进行预测。得到预测结果后, 软件会提示是否进行组合预测, 如果是, 则选择确定权重的方法(如最小二乘法等), 从而通过组合模型得到更好的预测结果。

根据生产单位的实际情况, 软件还增加了饱和负荷预测的功能。通常一个确定区域的负荷变化规律是“s”型曲线<sup>[5]</sup>。在预测中, 通常用 Logistic 模

型来拟合“s”型饱和曲线。

Logistic 曲线模型如下:

$$x_t = \frac{1}{c + ae^{bt}}, c > 0, a > 0, b < 0 \quad (1)$$

它的曲线可以分为三个部分:第一部分缓慢增加,然后快速增加,最后逐渐趋于稳定,水平渐近线为  $x = \lim_{t \rightarrow \infty} x_t = \frac{1}{c}$ ,正好反映了电力负荷增长最后趋于饱和的一般规律。

### 2.3 预测结果类

根据已经选择的预测模型,生成预测参数,然后软件使用该预测参数来拟合历史年份的预测曲线,与相应的实际历史数据曲线用图形方式显示比较,使用户可以清楚、直观地看到拟合的效果,若拟合效果好再继续预测,效果不好则不进行未来年份预测,用户需要退到上一步重新选择参数后再进行预测。

预测结果显示有多种方法:

(1) 软件中的以表格形式显示出预测值、误差百分比等。

(2) 直方图或曲线形式:鼠标移动时动态显示所处位置的曲线名称、年份值和预测值,并采用不同颜色和符号来代表不同曲线,直观方便。

(3) 饼图:既可以显示各地区负荷所占百分比也可以显示各个行业负荷比例。

(4) 导出到 Excel 中:在 Excel 中可以生成各种方式的报表以及打印功能。

用户可以根据自己的需求选择预测结果的显示方式。

### 3 系统特点

整个软件的开发体现了先进性、可靠性和方便实用性等特点。与其他负荷预测软件相比较,其中几个最大的特点是:

(1) 原始数据的输入方式简单、多样性:该软件提供了多种输入方式,充分体现了以用户为本的思想。

(2) 负荷预测模型库的易扩充性:一般的负荷预测软件也能实现增加新的模型,但是都要更改源程序,重新编译,比较繁琐。而该软件将模型库中的每个负荷预测模型都封装成一个独立的类,以动态链接库(dll)的形式存放于数据库中,若需要增加一个负荷预测模型,只要将该模型封装成动态链接库(dll)的形式,并提供相应的访问接口,然后通过软件的维护界面加入到数据库中,软件即可以调

用这个模型了,简单、方便、灵活,这也是该软件的一个最大特点。

(3) 增加了饱和负荷预测功能。一般地,当规划得以逐步实施、地区充分发展后负荷将随着用地的开发利用逐步趋于饱和。区域充分发展后电力负荷将稳定在一定范围内波动,这就是该区域的饱和负荷。往往在地区经济发展到一定水平后,就要考虑其饱和和负荷的情况,以便更好地布置电源点及线路走廊,本软件也提供了这一功能。

(4) 提供与其它常用软件的接口,可以方便地取得其他软件的数据。

### 4 应用实例

将该软件应用于华东某地区的供电量预测和饱和负荷预测。

表 1 供电量预测结果与实际对照表 (单位:亿 kWh)

Tab.1 The comparing table of forecasting and actual results ( $\times 10^8$ kWh)

年份	实际供电量	灰色模型	相对误差 / (%)	二次滑动平均法	相对误差 / (%)
1999年	224.25	219.74	2.01	231.16	-3.08
2000年	267.73	272.33	-1.72	253.73	5.23
2001年	321.90	335.52	-4.23	286.10	11.12
2002年	410.30	424.74	-3.52	400.25	2.45
2003年	503.10	508.43	-1.06	460.24	8.52
2004年	570.20	617.07	-8.22	501.72	12.01

续表 1 供电量预测结果与实际对照表 (单位:亿 kWh)

Tab.1(Continue): The comparing table of forecasting and actual results ( $\times 10^8$ kWh)

二次自适应系数法	相对误差 / (%)	具有自学习能力的模糊算法	相对误差 / (%)	组合模型	相对误差 / (%)
251.70	-12.24	219.25	2.23	222.79	0.65
263.55	1.56	271.83	-1.53	267.37	0.13
342.24	-6.32	339.70	-5.53	324.02	-0.66
445.30	-8.53	405.12	1.263	413.28	-0.73
509.84	-1.34	514.47	-2.26	497.74	1.07
538.72	5.52	549.50	3.63	568.48	0.30

注:组合模型中各方法的权重为 0.4631, 0.2573, 0.0071, 0.2726。

供电量预测先采用了灰色模型、二次滑动平均法、二次自适应系数法、具有自学习能力的模糊算法,然后进行组合模型负荷预测,组合模型负荷预测的权重确定采用最小二乘法、以残差平方和最小为目标的组合模型。

预测结果见表 1。

各个模型的最大误差都在 12.3% 以内,其中组合模型的最大误差仅为 1.07%,预测效果较好。该

地区经济较发达, 负荷水平较高, 历史数据较多, 其饱和负荷预测结果如图 2 所示。从图中可以看出该地区负荷的增长先快后慢, 呈“s”型曲线方式增长, 最后的饱和负荷约在 2025 年出现, 饱和负荷约为 2500 万 kW。

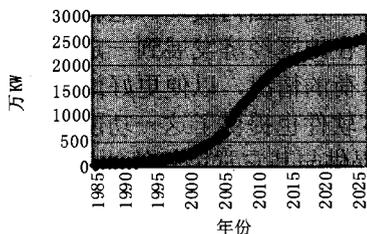


图 2 “S”型饱和负荷预测曲线

Fig.2 S-type saturation of load forecast curve

但是对某些区域, 本身的历史数据较少, 或本身就是开发较晚的区域, 采用该模型预测其饱和和负荷则误差偏大。

## 5 结论

该负荷预测软件不仅具有了一般负荷预测软件所具有的界面友好、模型库丰富、计算快速等特点外, 还具有了原始数据输入方便、模型库扩充简易、具备饱和负荷预测以及提供了与其它常用电力软件接口等独特的地方。软件采用了基于面向对象程序设计的方法和良好的软件结构, 从而从根本上保证了这些特点的实现。将该软件应用于华东某地区的负荷预测中, 效果良好。

## 参考文献

- [1] 牛东晓, 曹树华, 赵磊, 等. 电力负荷预测技术及其应用 [M]. 北京: 中国电力出版社, 1998.
- [2] NIU Dong-xiao, CAO Shu-hua, ZHAO Lei, et al. Power Load Forecasting Technology and Its Application [M]. Beijing: China Electric Power Press, 1998.
- [3] 康重庆, 夏清, 张伯明. 电力系统负荷预测研究综述与发展方向的探讨[J]. 电力系统自动化, 2004, 28(17): 1-11.
- [4] KANG Chong-qing, XIA Qing, ZHANG Bo-ming. Review of Power System Load Forecasting and Its Development[J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(17):1-11.
- [5] 申刚, 徐光虎, 等. 电力系统中长期负荷预测软件包的实现[J]. 电网技术, 2002, 26(5):1-4.
- [6] SHEN Gang, XU Guang-hu. Development of a Power System Mid-long Term Load Forecasting Software Package[J]. Power System Technology, 2002, 26 (5) 1-4.
- [7] 黄伟, 费维刚, 王炳革, 等. 电力系统中长期负荷预测软件包的实现[J]. 现代电力, 1999, 16(1):52-57.
- [8] HANG Wei, FEI Wei-gang, WANG Bing-ge, et al. A Software Package for Long and Medium Load Forecasting of Power System[J]. Modern Electric Power, 1999, 16(1):52-57.
- [9] 康重庆, 夏清, 刘梅, 等. 电力系统负荷预测软件包的研究[J]. 中国电力, 1996, 29(9):36-40.
- [10] KANG Chong-qin, XIA Qing, LIU Mei. The Study on a Software Package for Power System Load Forecasting[J]. Electric Power, 1996, 29(9):36-40.
- [11] Willis H L. Spatial Electric Load Forecasting[J]. New York: Marcel Dekker AG, 1994.
- [12] 汪晓彤. 合肥地区电力负荷预测软件应用[J]. 电力系统自动化, 2004, 28(20):94-96.
- [13] WANG Xiao-tong. Application of Power Load Forecasting Software in Hefei[J]. Automation of Electric Power System, 2004, 28(20):94-96.
- [14] RinaldySR. An Efficient Load Model for Analyzing Demand Side Management Impacts[J]. IEEE Trans on Power Systems, 1993, 8(3):1219-1226.
- [15] 虞王宣, 程浩忠, 游仕洪. 中长期电力负荷预测软件包的开发与应用[J]. 电力系统及其自动化学报, 2004, 16(2): 9-13.
- [16] YU Xuan, CHENG Hao-zhong, YOU Shi-hong. Development and Application of Power System Mid-long Term Load Forecasting Software Package[J]. Proceedings of the EPSA, 2004, 16(2):9-13.
- [17] 谢敬东, 唐国庆, 等. 组合预测方法在电力负荷预测中的应用[J]. 中国电力, 1998, 31(6):3-5.
- [18] XIE jing-dong, TANG guo-qing. The Application of the Combined Forecasting Method in the Power Load Forecast[J]. Electric Power, 1998, 31(6):3-5

收稿日期: 2007-01-18 修回日期: 2007-04-02

作者简介:

史林军 (1976-), 男, 讲师, 在读博士研究生, 主要研究方向电力系统规划、新能源等; E-mail: shilj@seu.edu.cn  
唐国庆 (1937-), 男, 教授, 博士生导师, 主要研究方向电力系统规划、电力系统稳定与控制等;  
马晓东 (1972-), 男, 高级工程师, 主要研究方向电力系统规划等。