

宿州电网电力负荷与气象条件关系研究及预测系统开发设计

王颖, 张玉民, 钱平海, 沈龙 (安徽省宿州市气象局, 安徽宿州 234000)

摘要 利用宿州电网2008年8月~2010年9月逐日电力负荷和宿州逐日气象资料, 系统分析电力负荷与气象条件的关系, 分时段建立电力负荷预测模型, 开发了宿州气象电力预测预警系统平台。该系统主要研究气象要素与电力负荷的关系, 做出短期预测模型; 结合WEB的CS和BS终端访问技术、数据挖掘技术、多因子变量回归技术和最优因子集组合技术, 根据不同季节的特点, 分5个时段对宿州电网负荷进行5d的中短期预测。系统在试运行期间表现稳定、易操作、短期负荷预测预警精度高, 该系统增强了宿州电力供应安全的保障能力, 推进部门相互间在信息、技术等方面的合作与共享, 为宿州电网的规划和运行提供了科学依据, 提升了科学经济运营水平。

关键词 电网系统负荷; 负荷模型; 系统设计; 气象条件; 宿州

中图分类号 S161 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2014)13-03959-03

On Relationship between Electricity grid system load and meteorological conditions in Suzhou and Forecasting System Design

WANG Ying et al. (Suzhou Meteorology Bureau, Suzhou, Anhui 234000)

Abstract By using electricity load and daily meteorological data in Suzhou during Aug. 2008 - Sep. 2010, the relationship was analyzed, the electricity load model was established, the early-warning system platform was developed. The research of this system, which mainly focuses on the relationship between meteorological elements and electrical load, is used to design a short-term prediction model, which combines the CS and BS terminal access technology of WEB, data mining technology, multi factor regression technology and the set of optimal factor combination technology. Based on the characteristics of different seasons, we design short-term prediction of Suzhou electricity grid system load for 5 days by dividing a day into 5 periods. The system is stable and easy to operate during the test operation period, the short-term load early-warning precise is high. The system strength the guaranteeing ability of electricity safety supply in Suzhou and promote cooperation and sharing in information and technique, which will provide scientific basis for planning of Suzhou electricity grid.

Key words Electricity grid system load; Load model; System design; Meteorological conditions; Suzhou

宿州地处皖北经济发展带, 电力在促进经济社会发展和全面小康社会建设的进程中发挥了重要作用。但宿州市地处南北气候过渡带, 同时也是气象灾害多发、频发的地区, 特别是气候变暖背景下, 与电力保障相关的气象灾害有日益多发与加重的趋势, 每年均造成了电力设施的重大损失, 影响了电网安全运行和人民生产生活, 客观上要求电力与气象进一步加强合作。电力系统的电力负荷是制订电力规划和运行管理的重要依据, 对电力系统安全和经济运行有着重要作用。宿州供电公司急需一套主要针对降水、气温等对电力负荷影响分析预测预警软件, 以加强电力实施安全运行、科学调度。笔者利用宿州电网2008年8月~2010年9月逐日电力负荷和宿州逐日气象资料, 系统分析电力负荷与气象条件的关系, 分时段建立电力负荷预测模型, 开发了宿州气象电力预测预警系统平台, 有针对性提供专业气象服务, 对成功拓展领域、从容应对用电高峰安全生产有着重要的意义。

1 资料与方法

1.1 预测预警系统需求分析和任务 电力负荷预测是电力系统经济调度中的一项重要内容, 精确的负荷预测对合理利用能源和生产安排、经济调度和安全运行均起着十分重要的作用。负荷是指电力需求量(功率)或用电量, 电力负荷分城市民用负荷、商业负荷、工业负荷及其他负荷等。电力负荷以天为单位不断起伏的, 具有较大的周期性, 负荷变化是连续的过程, 一般不会出现大的跃变, 但电力负荷对季节、温度、天气等是敏感的, 不同的季节、不同地区的气候以及温度的变化均会对负荷造成明显的影响。在一些极端气候条件

下, 如夏季高温、冬季严寒时, 电量会急剧攀升超过电网的承载力而跳闸停电。气象因素是影响电力平均流量(负荷)的首要因子, 从气象因素相关分析电力负荷, 使安徽省宿州供电公司获得较准确及时的电力负荷的预测和预警预报信息。根据气象条件对用电流量(负荷)进行预测预警, 做到用电量的合理调度, 用电指标、电量的科学预测, 并准确发布电力供应信息, 及时采取相应措施保证电力供应, 提高用电效率, 节约能源。

1.2 系统的设计思路 目前国内外研究动态及前景方兴未艾, 短期负荷预测理论历经30年发展, 在算法上包括传统的统计学方法和智能化的人工神经网络及专家系统方法^[1-4]。国内外也有用温度的历史数据建立温度对负荷影响的预测方程, 由于温度参数采用每天的最高温度及最低温度值, 而忽略了其他气象因素, 因而也影响了预测精度。

电力系统负荷预测主要受以下几个因素的影响: ①气象因素。其对负荷具有重要影响, 而温度是对负荷影响最重要的气象因素, 其他影响因子还包括相对湿度、风速、天气状况等。②经济因素。如GDP、人口增长率、工农业方式、地方产业结构等均反映了不同的电力负荷需求。③随机因素。用户及电力系统的用电负荷行为是随机的^[5]。要定量、定性地判定未来各种可能引起负荷发生变化的情况是非常困难的^[6]。笔者是从日最高气温、日最低气温、日平均气温、日平均风速、日平均地面温度、相对湿度、日降水量、云量和日照时数等气象的多个基本要素, 对宿州市电力负荷进行预测, 依据宿州气象建立电力负荷预测数学模型。

2 宿州电力负荷运行气象要素特征分析

2.1 电力负荷与气象要素的相关特征 电力负荷存在明显的线性增长趋势, 气象条件使这种增长产生波动。采用逐年

电力负荷预测趋势。BS 端电力公司能直接登录查看 5 d 的电力负荷预测值,调看实时的气象实况资料曲线,系统还增加了气象与电力两部门联动的“绿色通道”。通过 CS 端专业气象服务系统制作好的电力服务,在 BS 端显示出来,如制作的服务(重大灾害性天气专题预报、5 d 滚动预报、短期预报等)。并实时显示宿州市区和 4 个县气温、最高气温、最低气温、平均气温、风速风向、湿度、气压、24 h 雨量,及时发送高温、寒潮、大雾、暴雨、雷暴、大风天气公告或预警信息。系统软件各主要功能界面如图 1~4 所示。



图 1 系统主界面

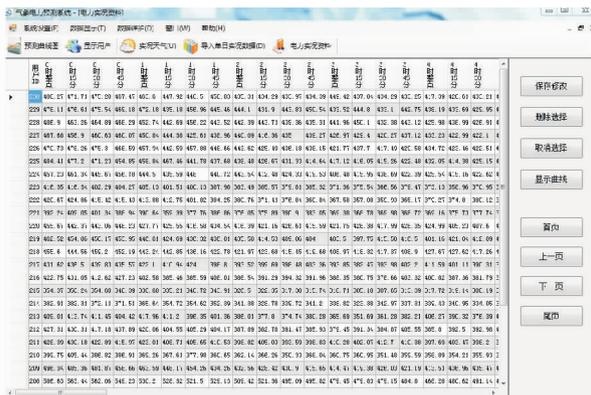


图 2 资料导入处理界面



图 3 系统负荷实况曲线

系统在试运行期间表现稳定、易操作、智能化程度高,负荷预测精度高,实现了电力与气象之间的互通互联,尤其是短期负荷预测对电力系统的生产安排、经济调度和安全运行均起着十分重要的作用。增强了宿州电力供应安全的保障能力,提升宿州电网的科学经济运营水平,实现了在信息、技术等方面的合作与共享,强化应急联动能力,有效提高了宿州电网防灾减灾及应对突发事件水平。

3.4 系统运行情况及效果分析 用上述预测模型和开发的软件系统,对宿州市电网 2011 年 5~12 月的电力负荷做了预



图 4 系统负荷预测与实况对比曲线

测检验,取得了较好的效果,该模型具有较好的预报能力和预报精度(表 2)。在试运行中发现时间跨度间隔长,这是由于天气变化是一个连续变化量,如果做成半小时或更短时间一个点或一个预测值,目前资料还不具备,气象实况资料是整点观测资料;除强对流天气以外,半小时内气象条件的变化幅度不明显。未来随着观测和资料下发的条件许可,再进一步实现多时、多点、定量、定时的精细化预测,进一步为电力系统气象防灾减灾、保障电网安全经济运行和电网负荷科学调度提供支持。由于受所取的电力资料限制,未能实现对实际用电量的分析,对影响用电负荷的各种因素也无法进行探讨,有待今后与供电部门合作,对于气象条件对用电负荷的影响机理进行更深入的探讨,需要进一步的完善。

表 2 2011 年 5~11 月最大电力负荷预测检验拟合率的天数

月份	拟合率			
	90% ~ 100%	80% ~ 90%	70% ~ 80%	60% ~ 70%
5	18	12	1	0
6	24	6	0	0
7	13	18	0	0
8	12	17	2	0
9	26	4	0	0
10	28	3	0	0
11	26	4	0	0

4 结语

通过大量相关分析,科学地建立分时段电力预报方程,作出了日电力负荷预测,为电力部门提供了客观定量的预报产品。系统在试运行期间表现稳定、易操作、短期负荷预测预警精度高,该系统增强了宿州电力供应安全的保障能力,推进部门相互间在信息、技术等方面的合作与共享,为宿州电网的规划和运行提供了科学依据,提升了科学经济运营水平。

参考文献

[1] 马雁军,杨洪斌,张云海. BP 神经网络法在大气污染预报中的应用研究[J]. 气象,2003,29(7):49-52.
 [2] 丛爽. 面向 MATLAB 工具箱的神经网络理论与应用[M]. 合肥:中国科学技术大学出版社,1998:61-67.
 [3] 刘秀玉,刘娟,张少华,等. 一种基于模糊逻辑和神经网络的电力负荷预测方法[J]. 上海大学学报,2001,7(1):37-41.
 [4] 陈志巧. 基于模糊理论的电力负荷预测研究[J]. 山东科技大学学报,2006,25(2):81-83.
 [5] DIPTI SRINIVASAN. Evolving artificial neural networks for short term load forecasting[J]. Neuro computing,1998,23:265-276.

存在一个有利于株高生长的区域;从交互项系数可以看出,氮肥与钾肥的交互项为正值,说明这个交互作用为正效应,而氮肥与磷肥、磷肥与钾肥的交互项系数为负值,说明其交互作用为负效应。

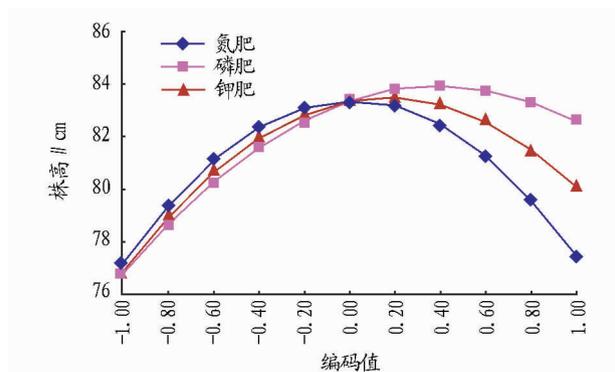


图1 氮、磷、钾对株高的影响

2.3 主效应分析 将任意2个因素的值固定在0水平时,可得在恒定氮肥、磷肥、钾肥条件下 X_1 、 X_2 和 X_3 与株高关系的方程式。

$$\hat{y}_{(x_1,0,0)} = 83.34 + 0.18X_1 - 6.06X_1^2$$

$$\hat{y}_{(0,x_2,0)} = 83.34 + 2.89X_2 - 3.68X_2^2$$

$$\hat{y}_{(0,0,x_3)} = 83.34 + 1.63X_3 - 4.90X_3^2$$

将各编码值代入上述回归方程中,可得到在氮肥、磷肥、钾肥恒定时植株株高的变化情况。从图1可以看出,当编码值分别 $X_1 = 0.01$ (即纯氮为 45.45 kg/hm^2)、 $X_2 = 0.39$ (即纯磷为 62.55 kg/hm^2)、 $X_3 = 0.17$ (即纯钾为 52.65 kg/hm^2)时,植株株高均达到最大值, $\hat{y}_{(x_1,0,0)}$ 、 $\hat{y}_{(0,x_2,0)}$ 、 $\hat{y}_{(0,0,x_3)}$ 分别为 83.34 、 83.87 、 83.48 cm 。

2.4 边际效应分析 由株高(\hat{y})的回归方程,分别求 \hat{y} 对 X_1 、 X_2 和 X_3 的偏导数,即可分别得到氮肥、磷肥、钾肥的边际效应方程:

$$\frac{\partial Y}{\partial X_1} = 0.18 - 12.12X_1 - 2.33X_2 + 6.06X_3$$

$$\frac{\partial Y}{\partial X_2} = 2.89 - 7.36X_2 - 2.33X_1 - 1.13X_3$$

$$\frac{\partial Y}{\partial X_3} = 1.63 - 9.80X_3 + 6.06X_1 - 1.13X_2$$

将氮肥、磷肥、钾肥作边际效应分析,在其他因素取0水平时,可作出氮肥、磷肥、钾肥对植株株高影响的边际效应图。从图2可以看出,随着三因素的逐渐增加,其边际效应逐渐下降。对方程进一步分析,可知当 X_1 编码值为0.0073

(即氮为 45.30 kg/hm^2)、 X_2 编码值为0.37(即磷肥为 61.65 kg/hm^2)、 X_3 编码值为0.13(即钾肥为 50.85 kg/hm^2)时,植株株高达到最高值(83.98 cm)。这就是植株株高达到最高的最佳组合。

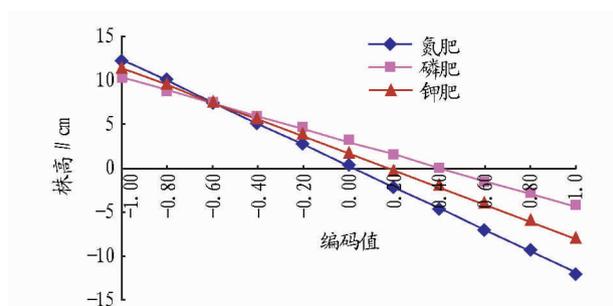


图2 边际效应分析

3 小结与讨论

(1) 研究表明,氮、磷、钾对株高的影响为磷肥(X_2) > 钾肥(X_3) > 氮肥(X_1);从平方项的系数可以看出,3个系数均为负值,说明氮、磷、钾肥对株高的效应方程均呈现出一个开口向下的二次曲线,在研究范围内存在一个有利于株高生长的区域。从交互项系数可以看出,氮肥与钾肥的交互项为正值,说明这个交互作用为正效应;而氮肥与磷肥、磷肥与钾肥的交互项系数为负值,说明其交互作用为负效应。

(2) 通过主效应分析,表明当编码值分别 $X_1 = 0.01$ (即纯氮为 45.45 kg/hm^2)、 $X_2 = 0.39$ (即纯磷为 62.55 kg/hm^2)、 $X_3 = 0.17$ (即纯钾为 52.65 kg/hm^2)时,植株株高均达到最大值, $\hat{y}_{(x_1,0,0)}$ 、 $\hat{y}_{(0,x_2,0)}$ 、 $\hat{y}_{(0,0,x_3)}$ 分别为 83.34 、 83.87 、 83.48 cm 。

(3) 在该试验条件下,得到株高达到最高值为 83.98 cm 时,三因素的最佳组合分别为 X_1 (编码值为0.0073,即氮为 45.3 kg/hm^2)、(X_2 编码值为0.37,即磷肥为 61.65 kg/hm^2)、 X_3 (编码值为0.13,即钾肥为 50.85 kg/hm^2)。

参考文献

- [1] 徐本刚,苏伟. 红稗的营养成分分析[J]. 贵州农业科学,2010,38(9):76-77.
- [2] 中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所. 食物成分表(全国代表值)[M]. 北京:人民卫生出版社,1991.
- [3] 孙远明. 食品营养学[M]. 北京:科学出版社,2006.
- [4] 解春芝,李祖任,苏伟,等. 红稗籽粒的形态解剖学观察[J]. 贵州农业科学,2013,4(4):44-45.
- [5] 高丽,李学芳,崔涛,等. 民间药山稗子的生药学研究[J]. 云南中医中药杂志,2005,26(4):44-45.
- [6] 丁希泉. 农业应用回归设计[M]. 长春:吉林科学技术出版社,1986.
- [7] 唐启义,冯明光. 实用统计分析及计算机处理平台[M]. 北京:中国农业出版社,1994:76-120.

(上接第3961页)

- [6] 夏昌浩,胡翔勇,刘涤尘. 神经网络短期负荷预报模糊化改进[J]. 电力学报,2001,16(1):10-13
- [7] 臧晓钟,周霖华,王子缘,等. 常州用电负荷量气象指数初探[J]. 气象

科学,2001,21(4):33-36.

- [8] 阎惠芳,李社宗,黄跃青. 常用相似性判据的检验和综合相似系统的使用[J]. 气象科技,2003,31(4):211-215.