

# 气象因素对江苏夏季高峰负荷的影响研究

管益斌<sup>1</sup>, 陈哲<sup>2</sup>, 李强<sup>2</sup>, 周建华<sup>2</sup>, 陈文浩<sup>1</sup>

(1. 江苏电力调度控制中心, 江苏南京 210024; 2. 江苏省电力公司电力科学研究院, 江苏南京 211103)

**摘要:** 温度、湿度等气象指标是夏季高峰负荷的主要影响因素。考虑到夏季负荷峰值与各类气象因素的关联度不同, 文中基于实测数据详细研究了近年来温度、湿度与江苏夏季高峰负荷的变化关系, 得出了负荷对温度湿度的敏感性结果。基于敏感性分析结果, 对江苏 2012 年夏季高峰负荷与温度、湿度之间的关系进行了预测。预测结果对即将到来的江苏迎峰度夏工作的顺利展开具有一定的参考价值。

**关键词:** 温度; 湿度; 夏季高峰负荷; 影响

**中图分类号:** TM714

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-0665(2012)06-0047-04

准确的负荷预测是制定发供电计划、安排经济调度、进行安全评估的基础。在众多影响负荷预测准确性的因素中, 温度、湿度等气象因素是比较重要的方面。因此, 详细研究温度、湿度等气象因素与负荷, 尤其是夏季峰荷之间的关系显得尤为重要。

文献[1]以南京市夏、冬季节为研究对象, 从多个方面分析了导致负荷快速增长的气温与负荷之间的关系。文献[2]以山东省近几年的负荷和用电量数据为基础, 在分析了各种气象因素对负荷和用电量的影响后, 得出了影响较大的因素是气温的结论。文献[3]分析了夏季气象条件中地区空调负荷与日最高气温、日平均湿度之间的关系, 划分了影响空调负荷变化的温度敏感区, 得出了敏感区内气温是影响空调负荷关键因素的结论。文献[4]以浙江省多年的用电量和气温数据为基础, 从中分离出与气温敏感的气温电量, 分析了电量与气温的相关关系, 重点研究了气温电量随气温变化的规律, 最后提出了完善与改进相关模型的几点建议。文献[5]利用华东电网省市气象观测资料和历史负荷进行分析, 找到了影响电网气象负荷的关键气象因子, 并建立了相关模型。通过对典型日估算的省市气象负荷与模型拟合负荷进行印证, 并据此推导出华东全网气象负荷与关键气象因子的拟合关系。文献[6]引入了生物气象学中的实感温度、温湿指数、寒湿指数、舒适度指数 4 个指标来综合衡量气象因素对电力负荷的影响。并以重庆市为例, 分析了各综合指数与负荷的关系, 绘制出观测年内的电力负荷与综合指数的关系曲线。文献[7]分析了福州市居民用电情况和负荷曲线的特点, 对最高负荷与各气象因素进行相关分析, 着重分析了居民日负荷与气温的关系并计算了单位温升效应。文献[8]通过同一区域的曲线比较说明了引入各气象指数的

合理性, 通过不同区域的曲线比较说明了不同区域的负荷与气象指数关系的差异, 并提出网格化建立负荷预测模型的必要性。文献[9]指出南昌市电力负荷量对气候变化的响应主要表现在夏季极端高温和冬季极端低温对电力负荷的波动量的影响。

## 1 温度和湿度特性分析

### 1.1 温度特性分析

江苏地处长江下游, 属于温带向亚热带的过渡性气候。全省各地平均气温介于 13~16℃, 由东北向西南逐渐增高。7 月、8 月份的气温多在 25~35℃, 极端最高气温可达 38℃左右。全省经济发达, 空调负荷大, 夏季高温天气对居民生产生活用电负荷影响显著。江苏南北跨度大, 各地区气温存在一定的差别, 有必要按照地市区域来研究温度与负荷的关系, 从而确保研究结果能够反映实际情况。以南京为例, 近两年(2010 年、2011 年)的夏季日最高温度变化情况如图 1 所示。

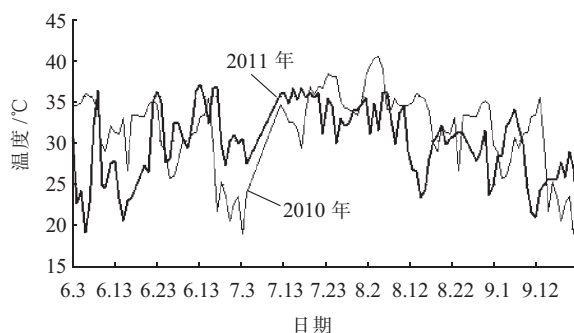


图 1 近两年南京夏季日最高温度变化情况

由图 1 可以看出, 夏季高峰负荷期间, 南京最高温度波动比较剧烈, 波动范围主要集中在 20~35℃ 这一区间范围内, 最高温度差值高达 20℃。为全面分析江苏夏季高温天气特性, 有必要对夏季的高温天数(日最高气温超过 35℃ 的天数)进行统计分析。近两年江苏各地区高温天数统计如图 2 所示。

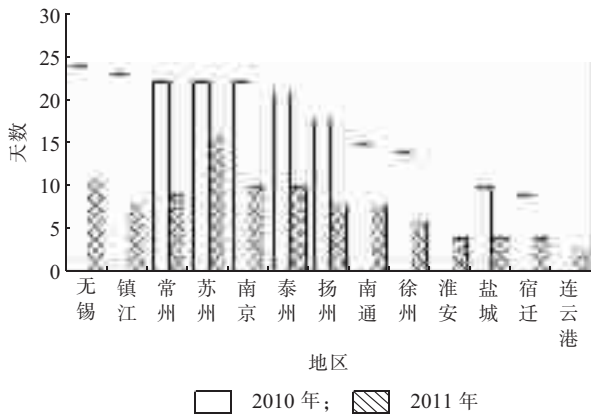


图2 近两年江苏各地区高温天数统计

由图2可以看出,与2011年相比,2010年江苏夏季高温天数较多,且呈现南多北少的格局,即长江沿岸的苏州、南通、无锡、泰州、无锡、镇江、扬州和南京的夏季高温天数较多,江苏北部地区的徐州、连云港、宿迁、淮南和盐城地区高温天数较少,该现象表明温度对江苏各地区负荷的影响程度具有一定的差异性。

## 1.2 湿度特性分析

在一定温度下,固定体积的空气里含有的水汽越少,则空气越干燥;水汽越多,则空气越潮湿。空气潮湿的程度,可用相对湿度(RH)表示。RH是指空气实际所含水蒸汽密度和同温下饱和水蒸汽密度的百分比值。通常,从6月中旬到7月上旬前后,江苏处于梅雨季节。持续连绵的阴雨、气温高、湿度大是梅雨季节的主要特征。持续的潮湿闷热天气使得湿度对江苏的负荷影响较大。近两年(2010年、2011年)南京夏季日最高RH的变化情况如图3所示。

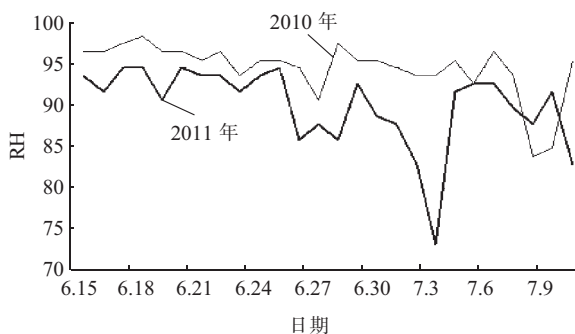


图3 近两年南京夏季日最高相对湿度变化情况

由图3看出,6月中旬到7月上旬前后,梅雨季节期间南京地区的相对湿度在75%及以上。结合图1和图3,梅雨季节期间,江苏通常不会出现夏季日最高温度天气。为弄清楚夏季江苏湿度分布情况,将江苏各地市湿度情况看作一个样本进行统计分析,各个湿度区间的累积概率分布如图4所示。可以看出:近两年迎峰度夏期间,江苏全省有超过80%天数的湿度大于60%。

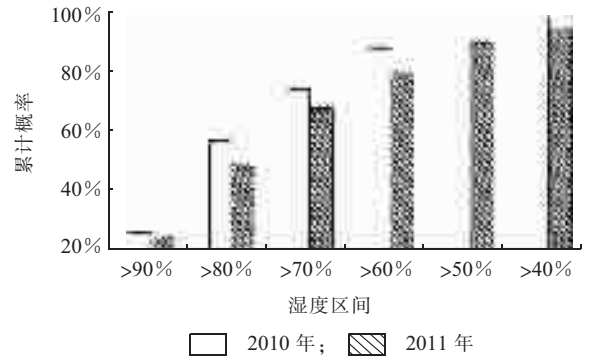


图4 近两年江苏湿度状况的累积概率分布

## 2 负荷特性分析

江苏各个地市夏季最高负荷与最高温度的相关程度较高。随着温度的增加,负荷呈现增长趋势,但负荷也并不完全依照温度的变化而变化,具有明显的滞后和累积效应。近两年(2010年、2011年)夏季期间南京日最高负荷如图5所示。

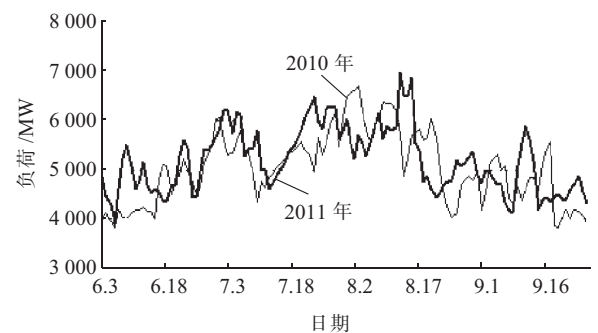


图5 近两年南京夏季日最高负荷变化情况

由图5可以看出,夏季高峰负荷期间,负荷变动较大。仅南京地区,最高负荷范围为4000~7000 MW,最大波动达3000 MW,这与电网空调负荷比例较高具有一定的关系。

## 3 负荷与温度和湿度相关性分析

为方便分析,本文首先分别研究在温度相对固定时,湿度对负荷的影响,以及在湿度相对固定时,温度对负荷的影响,然后再根据统计结果得出负荷分别对温度、湿度的敏感性。考虑到最高负荷与最大用电量通常发生在工作日,同时为避免负荷自身发生改变影响分析结果的准确性,因此,本文特意剔除了节假日、周末及天气突变的影响。江苏不同地区夏季气温和湿度存在较大的差异,为保证分析结果的有效性,需要分别针对江苏13个地区进行分析。现以南京地区为例展开详细的分析。

### 3.1 南京地区

以2010年迎峰度夏期间南京地区负荷和温度、湿度历史数据为样本进行统计分析。

### 3.1.1 负荷与温度之间关系

由统计数据可知,2010年迎峰度夏期间南京的主要气候情况表现为:19~24℃区间样本比较完整,24℃以上随着温度的升高,样本分布逐步趋向低湿度区域。各湿度水平下(每个小区间视为一个湿度)负荷随温度的变化关系如图6所示。

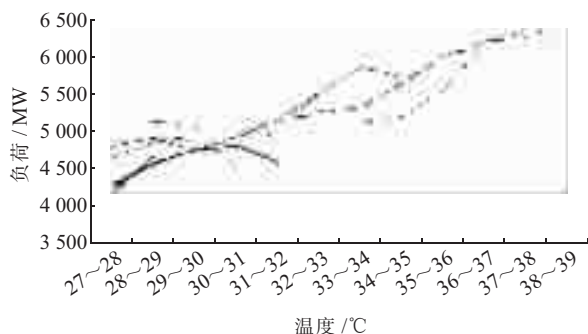


图6 南京温度与负荷之间关系

由图6可以得出南京地区负荷随温度的变化关系:27~31℃区间,负荷与温度之间的敏感性水平较低,称之为弱敏感区;31~35℃区间随温度上升,负荷呈现较快增长态势,称之为强敏感区;35℃以上区间随温度上升,负荷对温度的敏感性降低,称之为过敏感区。由近两年南京夏季湿度样本概率分布的统计结果可知,迎峰度夏期间湿度大于60%的概率高于80%。此外,考虑到气温偏高情况下,南京通常不会出现80%以上的高湿度天气。因此,选取60%~70%湿度为研究对象,采用插值拟合的方法得出温度与负荷之间的关系,如图7所示。

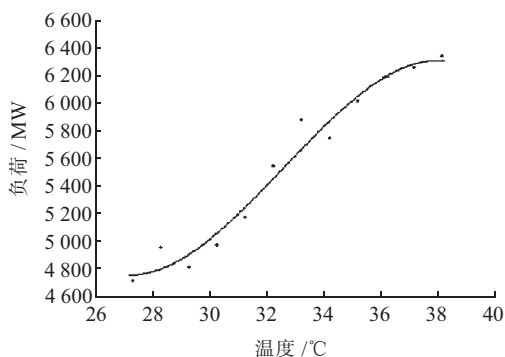


图7 南京地区负荷与温度的变化关系

对应的拟合结果如下:

$$f(x) = -2.415x^3 + 234.4x^2 - 7369x + 80350 \quad (1)$$

式(1)中: $x$ 为南京地区温度值, $f(x)$ 为该温度下对应的负荷值。根据对南京地区温度与负荷之间关系的拟合结果,可以得出该地区温度与负荷之间的关系。

(1) 27~31℃为低敏感区,温度每增长1℃,负荷增加120 MW左右;

(2) 31~35℃为高敏感区,温度每增长1℃,负荷增加200 MW左右;

(3) 35℃以上为过敏感区,温度每增长1℃,负荷增加100 MW左右。

### 3.1.2 负荷与湿度的变化关系

基于历史统计数据,可以得到在各个温度下(每个小区间视为一个温度),负荷随湿度的变化关系,如图8所示。

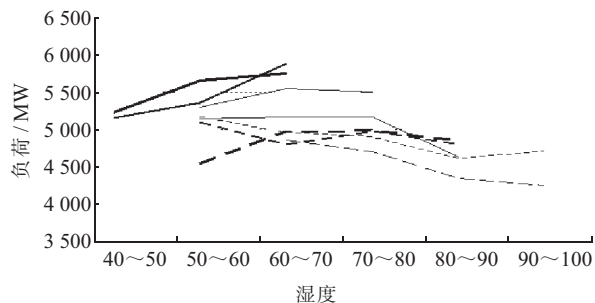


图8 南京湿度与负荷之间关系

由图8可以看出,在不同的温度下(每一个小区间视为一个温度),负荷与湿度的关系不尽相同。当温度在31℃左右,湿度在50%~70%区间时,湿度对负荷的影响非常明显,具体表现为:在该区间内,负荷随湿度的增加而稳步上升。当温度进一步增加时,湿度呈下降趋势,其对负荷的影响也逐步降低。总之,相比较于温度,湿度对江苏夏季峰荷的影响要小得多,且湿度与江苏夏季峰荷之间的关系也不是很明显。

### 3.2 江苏全省

同理,对全省其他12个地区的历史负荷和温度湿度数据进行分析,可以得到:在气象因素中,影响江苏夏季峰荷的主要因素是温度,而不是湿度。近两年(2010年、2011年)江苏省13个地区其温度每上升1℃时的负荷变化值如表1所示。通过对全省13个地区的负荷对气温和湿度的敏感性分析可以看出:在27~31℃的低敏感区,温度每增长1℃,江苏全省负荷在2010年和2011年分别增加1150 MW和1300 MW左右;在31~35℃的高敏感区,温度每增长1℃,负荷分别增加1750 MW和2000 MW左右;35℃以上的过敏感区,温度每增长1℃,负荷分别增加850 MW和1000 MW左右。

若2012年温度、湿度每单位变化引起的空调负荷波动比例与2011水平年一致,则预计2012年夏季,在27~31℃的低敏感区,温度每增长1℃,江苏全省负荷将增加1450 MW左右;在31~35℃的高敏感区,温度每增长1℃,江苏全省负荷将增加2200 MW左右;在35℃以上的过敏感区,温度每增长1℃,江苏全省负荷将增加1100 MW左右。预测2012年度最高负荷将达75000 MW,其中空调负荷约22000 MW。通过以上分析,可得到如下结论:



表 1 温度每上升 1℃时的负荷变化值 MW

年份	27~31℃		31~35℃		35℃以上	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011
南京	120	140	200	220	100	120
镇江	70	80	70	80	30	40
无锡	160	180	240	260	100	110
常州	80	90	150	170	80	80
苏州	360	380	500	550	260	280
南通	40	40	100	100	60	70
泰州	30	30	60	70	20	30
扬州	40	50	80	90	40	60
徐州	90	100	120	150	60	70
淮安	40	40	60	70	30	50
宿迁	30	50	50	70	10	10
盐城	70	90	100	140	50	70
连云港	40	40	60	70	20	30
合计	1 150	1 300	1 750	2 000	850	1 000

注:合计时的同时率为 0.98。

(1) 温度是影响江苏电网夏季高峰负荷的主导气象因素,湿度对电网负荷的影响主要发生在梅雨季节。(2) 夏季高温期间,湿度与温度具有一定的反向关联性,温度升高通常会伴随湿度的降低。(3) 空调负荷的使用越来越趋于稳定性和趋同性,当气温达到 27℃左右,江苏电网负荷与温度关联性变强。(4) 迎峰度夏期间江苏经常采用限电措施来保障电力有效供给,在一定程度上破坏气温、湿度等气象指标与负荷之间的耦合关系,本次分析采用了还原后的数据,但分析结果仍可能存在一定偏差。

#### 4 结束语

基于 2010 年、2011 年夏季气温、湿度和负荷的历史数据,江苏省各地区夏季气温和湿度的变化特性,以及江苏电网夏季负荷对温度和湿度的敏感性,为进一步做好夏季负荷预测工作,在上述分析的基础上,还需要继续深入研究各种气象因素在不

同季节和不同时段对负荷的影响,构建更为准确、更加适合江苏电网夏季负荷分析模型。由于天气复杂多变,预报难度大,预报准确率有限,尤其是中长期天气预报准确率不高。因此,今后仍需进一步加强与气象台的沟通交流,及时获取准确的天气变化信息。

#### 参考文献:

- [1] 王治华,杨晓梅,李扬,等.气温与典型季节电力负荷关系的研究[J].电力自动化设备,2002,22(3):16-18.
- [2] 赵锡平,宋岱,张国庆,等.山东省气温与最大负荷和用电量的关联性分析[J].电网技术,2004,28(17):37-40.
- [3] 陶勇,沈颖.夏季气象条件对地区空调负荷的影响[J].华东电力,2006,34(10):29-30.
- [4] 李继红,张锋.气温对浙江电网用电量影响的研究[J].华东电力,2005,33(11):39-42.
- [5] 陆建宇,王亮,王强,等.华东电网气象负荷特性分析[J].华东电力,2006,34(11):38-42.
- [6] 杜彦巍,林莉,牟道槐,等.综合气象指数对电力负荷的影响分析[J].重庆大学学报(自然科学版),2006,29(12):56-60.
- [7] 江岳文,陈冲,温步瀛.福州市居民用电情况及其与气温关系分析[J].福州大学学报(自然科学版),2007,35(2):247-250.
- [8] 高霞,曾新,卢建立.电力负荷预测与气象指数关系研究[J].河北农业大学学报,2007,30(4):97-101,113.
- [9] 张敬伟,郑林,殷剑敏,等.主要气象因子对鄱阳湖生态经济区城市电力负荷的影响分析—南昌市为例[J].江西师范大学学报(自然科学版),2009,33(6):743-748.

#### 作者简介:

- 管益斌(1974),男,江苏盐城人,高级工程师,从事电力系统调度运行控制和管理工  
作;  
陈哲(1987),男,湖北应城人,工程师,从事电力系统分析与运行控制工  
作;  
李强(1981),男,河南正阳人,工程师,从事电力系统分析与可再生能源发电并网技术工  
作;  
周建华(1983),男,江苏镇江人,工程师,从事电力系统分析与可再生能源发电并网技术工  
作;  
陈文浩(1970),男,江苏无锡人,高级工程师,从事电网运行及计划管理工作。

## Research on Influences Which Meteorological Factors Have on Jiangsu Summer Peak Load

GUAN Yi-bin<sup>1</sup>, CHEN Zhe<sup>2</sup>, LI Qiang<sup>2</sup>, ZHOU Jian-hua<sup>2</sup>, CHEN Wen-hao<sup>1</sup>

(1. Jiangsu Electric Power Dispatching and Communication Center, Nanjing 210024, China;

2. Jiangsu Electric Power Company Electric Power Research Institute, Nanjing 211103, China)

**Abstract:** The meteorological factors such as temperature, humidity and so on are the main factors for the summer peak load. Considering that the correlation between summer load peak and all kinds of meteorological factors is different, the changes in relationship between Jiangsu summer peak load and temperature, humidity in recent years are studied based on measured data. The sensitivity effects which load have on the temperature and humidity is obtained. The relationship between Jiangsu 2012 summer peak load and temperature, humidity is predicted based on the results of sensitivity analysis. Predictors of outcome have a certain reference value for the work of upcoming Jiangsu summer peaks to carry out smoothly.

**Key words:** temperature; humidity; summer peak load; influences