

华中电网日负荷与气象因子的关系

胡江林 陈正洪

洪斌 王广生

(湖北省气象科学研究所,武汉 430074)

(华中电管局动能经济研究所)

提 要

从华中电网4省1997年2月至2000年5月逐日的电力负荷资料中分离出随气象因子变化的气象负荷,分析了气象负荷和同期的气象资料的相关关系,重点研究了气象负荷随气温变化的规律,探讨了华中各省气象负荷与气温关系的异同。研究表明华中电网日负荷与日平均气温的相关关系明显,在日平均气温大于20℃时相关系数为正,小于20℃时为负,在气温为25~28℃时负荷对气温的变化最敏感。

关键词: 电力负荷 气象负荷 气象因子 相关

引 言

电力负荷(以下简称负荷)是电力系统规划设计和运行管理的最重要指标之一,研究负荷的特征及其变化规律是达到电网安全、稳定、优质和经济运行的首要条件。由于影响负荷的因素是多种多样的,特别是相当多的因素无法准确定量地给出,负荷的变化特征表现为时变性、随机性、复杂性和多样性,不同地域的电网其负荷变化也不尽相同,因而负荷变化具有一定的不可预测性,较准确全面地研究分析负荷及其变化规律是电力科技工作者要解决的难题,也是进行负荷预测的基础。

近年来,越来越多的研究表明,电网负荷与气象条件的变化有关^[1,2]。随着国民经济的发展和人民生活水平的提高,冬季取暖和夏季制冷在生活中逐渐普及,而这二者的耗电量都相当大,因此负荷的变化与气象条件的相关关系逐步密切,气象因子的对电网负荷影响程度有提高的趋势。但由于不同的电网所处的气候条件不同,各地经济结构和发展水平也千差万别,各个电网负荷与气象因子的关系也不尽相同,有必要进一步研究负荷变化与与气象因子的关系。

本文利用华中电网的逐时负荷资料,结

合华中四省的逐日气温资料,在定义气象负荷的基础上,较详细分析了华中电网负荷(包括日负荷、1小时最大负荷和1小时最小负荷)变化与气温的关系,为华中电网负荷的预报预测和运行调度提供了依据。

1 资料及初步处理

1.1 资料

本文所用负荷资料是华中电网四省(湖北、河南、湖南、江西)逐日的日负荷、1小时最大负荷和1小时最小负荷(以下分别简称日负荷、最大负荷、最小负荷),华中电网负荷是四省负荷的累加值,资料年限是1997年2月至2000年5月,总计1264天的样本资料。选用的气象资料是四省的省会武汉、郑州、长沙、南昌四城市的历史同期日平均气温、日最高气温、日最低气温,其中日平均气温由02时、08时、14时和20时四个正点时次的观测气温取平均值得到。

1.2 负荷资料的初步处理

图1给出了华中电网日负荷在研究时段内的演变曲线。从中可见负荷曲线可以用随时间呈某种增长程度变化的长期趋势项和以一年为周期的季节波动项这两项之和来表示,前者随国民经济发展而不断增长,后者即为气象条件对负荷的影响。要研究气象因子

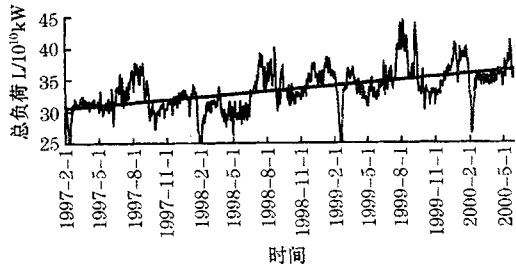


图1 华中电网日负荷随时间的变化

图中直线表示长期变化趋势项,负荷曲线偏离直线的部分包含由气象因素、节假日(春节期间除外)和其他不可预测因素对负荷的影响,本文把该部分称气象负荷。

对负荷的影响首先要从总负荷中除去国民经济发展而拉动的负荷增长。由于1997~2000年我国的经济增长速度比较均匀,这里简单地采用线性关系来表示国民经济增长引起的负荷长期变化趋势项 L_t :

$$L_t = at + b \quad (1)$$

t 表示时间, a 、 b 是系数。而总负荷与负荷长期变化趋势项 L_t 之差包含由气象因素、节假日和其他不可预测因素对负荷的影响,本文称为 L_m :

$$L_m = L - L_t \quad (2)$$

L 表示实测总负荷, L_m 表示由各种因素引起实际负荷与长期变化趋势项的偏差,在图1中即负荷曲线偏离直线的部分。而

$$L_p = L_m / L_t \quad (3)$$

表示 L_m 与长期趋势项之间的比值,在分析多年资料时它比直接使用 L_m 更能反映负荷的变化规律,也是电网运行调度中最为关心

的指标,它有明显的四季变化,本文称 L_p 为气象负荷率,为方便考虑以下简称气象负荷。这里主要分析 L_p 与气象因子的关系。

春节是我国人民的传统节日,从图1可见春节期间的负荷与其他时间相比小很多(可小30%),因而需特别考虑其规律。本文暂且不考虑春节期间的负荷变化(每年扣除春节前7天,春节后10天,1997~2000年共计68天,实际分析1196天的样本资料)。由于选用的样本较大,基本上平滑了其他各种随机因素所引起的负荷波动,可认为 L_p 主要是由气象因子的变化造成的。为方便起见,以下称气象日负荷、最大负荷和最小负荷分别为 L_{pd} 、 L_{pm} 和 L_{pn} 。

2 气象负荷与气象因子相关关系

华中电网由华中四省电网组成,本节中的平均气温简单地定义为武汉、郑州、长沙、南昌四城市的日平均气温再取平均值,日最高气温和日最低气温的定义也类似。

2.1 气象负荷和气温的基本关系

应用1.2节定义的方法分离出的华中电网 L_p 的变化有明显规律。例如,从 L_{pd} 与日平均气温的演变图(图2)可见,每年夏季高温时 L_{pd} 最大,冬季低温时有次峰值出现,而春秋季节则有低谷出现,即 L_p 与日平均气温在夏季是正相关,冬季是反相关,这种以年为周期的变化特征非常明显。进一步仔细分析可以发现日平均气温在大于 20°C 时, L_p 与

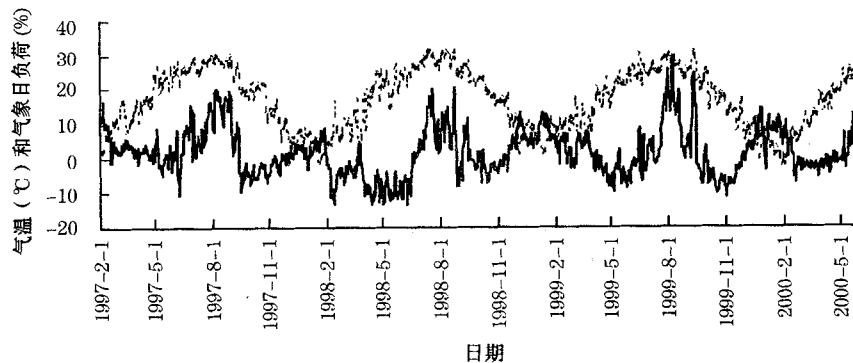


图2 气象日负荷 L_{pd} 与日平均气温 $/\text{C}$ (黑实线) 的关系

日平均气温为正相关,而日平均气温小于20℃时 L_p 与其为负相关。 L_{pm} 和 L_{pn} 与日平均气温的关系与 L_p 类似。

2.2 气象负荷 L_p 和气象因子的相关系数

由于夏季和冬季 L_p 和气温的相关系数符号相反,相互抵消,因而气象负荷 L_p 与气象因子的关系不能简单地仅以线性相关系数表示。这里以日平均气温20℃为界分别统计。

表1给出了电网气象负荷 L_p 与日平均气温的相关关系。从表中可见日负荷 L_{pd} 、最大负荷 L_{pm} 、最小负荷 L_{pn} 在日平均气温低于20℃时都为负相关,特别是 L_{pd} 和 L_{pm} 与日平均气温的负相关绝对值较大,表明在此情况下总体而言, L_{pm} 和 L_{pd} 随日平均气温的下降二者都将增加,但 L_{pn} 与日平均气温的相关比 L_{pm} 和 L_{pd} 弱。而在日平均气温高于20℃时 L_{pd} 、 L_{pm} 和 L_{pn} 三者都为很强的正相关,相关关系都在0.74以上,其中 L_{pd} 与日平均气温的相关系数最大,达0.79。气象负荷 L_p 与日平均气温的这种高相关性为利用气温预报作负荷预测奠定了基础。但是,若使用线性预测模型,必须根据日平均气温分段建立预报模型或对日平均气温作变换,因为对整个样本而言, L_{pd} 和 L_{pm} 与日平均气温的相关性较低。

表1 华中电网气象负荷 L_p 与日平均气温相关关系

日平均气温	日负荷 L_{pd}	最大负荷 L_{pm}	最小负荷 L_{pn}
低于20℃	-0.641	-0.703	-0.241
高于20℃	0.790	0.774	0.743
全部样本	0.107	-0.103	0.424

由于气象预报中大多预报最高气温和最低气温,这里再分析最高气温和最低气温与气象负荷 L_p 的相关关系。从表2可见 L_p 与最高气温和最低气温的相关关系也较好,在日平均气温高于20℃时 L_{pd} 、 L_{pm} 和 L_{pn} 与最高气温和最低气温的相关系数都超过了0.5,最大达0.71。而在日平均气温低于20℃

时 L_{pd} 和 L_{pm} 与最高气温和最低气温的相关系数也都小于-0.5,显示负相关程度也较高,与日平均气温类似, L_{pn} 与最高气温和最低气温的相关也较低。比较表1和表2可见, L_{pd} 、 L_{pm} 和 L_{pn} 与最高气温和最低气温的相关程度都小于日平均气温,唯一的例外是统计所有样本时 L_{pm} 与最低气温的相关程度高于其与日平均气温的相关程度。鉴于日平均气温与最高气温和最低气温有很好的相关关系,从以上分析可见日平均气温是影响负荷的最重要的气象因子。

表2 气象负荷 L_p 与最高气温 T_m 和最低气温 T_n 的相关系数

日平均气温	日负荷 L_{pd}		最大负荷 L_{pm}		最小负荷 L_{pn}	
	T_m	T_n	T_m	T_n	T_m	T_n
低于20℃	-0.579	-0.579	-0.586	-0.681	-0.220	-0.205
高于20℃	0.615	0.711	0.657	0.631	0.536	0.726
全部样本	0.089	0.124	-0.085	-0.108	0.378	0.432

分析了气温与负荷的相关程度以后,自然推测其它气象因子,如降水和天空状况等与负荷的关系,但降水和天空状况等的记录变化很大,且受人为因素的影响。本文使用与降水和天空云量关系较密切的气温日较差(最高气温减最低气温)来探讨这些因素与负荷的关系(一般而言,天空云量越大,气温日较差较低,降水越大,气温日较差也较低)。从负荷 L_p 与气温日较差的相关关系表(表3)中可以发现气温日较差与负荷 L_p 的相关关系较差,各项的相关系数都较小,远不如日平均气温与负荷 L_p 的相关程度高,但负荷 L_p 在某些特定的情况下相关系数可通过显著性检验。

表3 气象负荷 L_p 与气温日较差的相关关系

日平均气温	日负荷 L_{pd}	最大负荷 L_{pm}	最小负荷 L_{pn}
低于20℃	-0.124	-0.021	-0.062
高于20℃	0.027	0.082	-0.114
全部样本	0.044	0.023	-0.103

3 气象负荷 L_p 随气温变化的特征

3.1 华中电网 L_p 随日平均气温变化的基本特征

统计逐日的 L_{pd} 、 L_{pm} 和 L_{pn} 可得 L_{pd} 、 L_{pm} 和 L_{pn} 与日平均气温的关系(图3)。

从图3a可见,华中日负荷 L_{pd} 随日平均气温的变化较有规律。 L_{pd} 的数值在 -0.05 与 0.18 之间,即由气象因子引起的日负荷的变化可达总负荷的20%以上。 L_{pd} 在日平均气温为 $12\sim 25^{\circ}\text{C}$ 时为负, $20\sim 21^{\circ}\text{C}$ 时最小,为 -0.05 左右,此时电网负荷最小;其余气温条件下 L_{pd} 为正,但负荷的增加与日平均气温的变化不对称,即气温升高时 L_{pd} 增加得快,而气温下降时 L_{pd} 增加得较慢。

当气温高于 20°C 时 L_{pd} 逐渐加大,特别是在日平均气温在 $25\sim 28^{\circ}\text{C}$ 时负荷随气温升高而急剧增加,此时是华中日负荷对温度变化最敏感的时期,平均气温每增加 1°C ,日负荷增加3%以上,这可能是由于气温达到该阶段时人们开始大量使用空调等制冷设备造成的。而日平均气温在超过 29°C 时, L_{pd} 的值虽仍在增加,但增长趋势变慢。这说明在天气极端的情况下,气温再增加,负荷的增长也有限。原因可能有两条:一是由于负荷存在最大值,即电网负荷已达最大,气温再高负荷也不可能无限增长;二是在此天气条件下,人们的工作日程有所调整,生产用电有所下降。

在日平均气温低于 20°C 时, L_{pd} 随气温的减小也逐渐增大,但增加速度较平稳,在日平均气温为 1°C 左右时最大,达 0.09 ,即日平均气温在 $1\sim 20^{\circ}\text{C}$ 时,气温每降低 1°C ,华中日负荷约增加 0.75% ,特别是当气温低于 5°C 时日负荷增加较快,这可能与该气象条件下用于取暖的电力增加有关。而气温低于 1°C 时日负荷随气温下降反而减少,原因不明,或许与在严寒条件下,人们减少生产活动有关系。

图3b显示 L_{pm} 随日平均气温变化的分布特征与 L_{pd} 基本相同。 L_{pm} 在日平均气温为 $13\sim 25^{\circ}\text{C}$ 时为负,在 $20\sim 21^{\circ}\text{C}$ 时最小,低于 -0.04 ,其余气温条件下 L_{pm} 为正,即 L_{pm} 随

日平均气温的变化以 20°C 为界,气温升高或下降 L_{pd} 均增加,但 L_{pm} 的变化数值比 L_{pd} 要小,最大值为 0.1 左右。

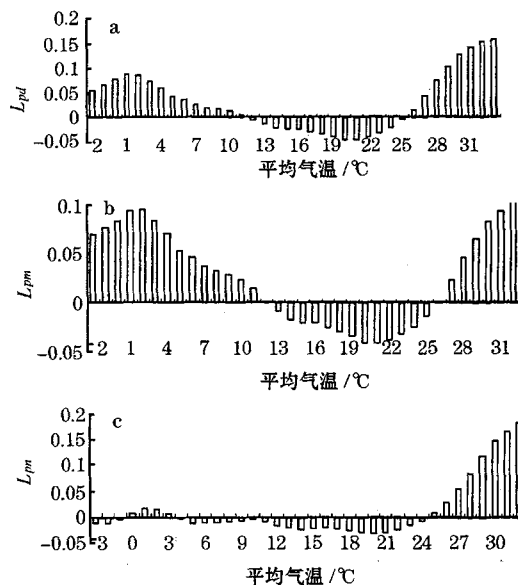


图3 华中电网 L_p 随日平均气温变化的分布特征

- a: 日负荷 L_{pd} 随日平均气温变化的分布
b: 1小时最大负荷 L_{pm} 随日平均气温变化的分布
c: 1小时最小负荷 L_{pn} 随日平均气温变化的分布

L_{pm} 随日平均气温变化的特征在日平均气温高于 20°C 时与 L_{pd} 和 L_{pn} 类似(图3c), L_{pm} 随气温升高而显著增加。而当气温低于 20°C 时, L_{pm} 随气温变化的趋势虽然与 L_{pd} 和 L_{pn} 类似,但与 L_{pd} 和 L_{pn} 相比有较大差距,即当气温低于 20°C 时,气象条件对1小时最小负荷影响较小,气温从 20°C 下降到 1°C 时, L_{pn} 的值才增加 0.05 。

3.3 各省气象负荷与日平均气温关系的比较

分别统计华中四省各省的 L_{pd} 、 L_{pm} 和 L_{pn} 与其相应的省会城市的日平均气温的关系可得图4(L_{pm} 与日平均气温的关系和 L_{pd} 类似,图略)。

图4显示湖北、河南、湖南和江西四省的气象负荷和日平均气温的关系基本一致,即气温高于 20°C 时气象负荷与气温正相关,气

温高于 20℃ 时气象负荷与气温负相关。

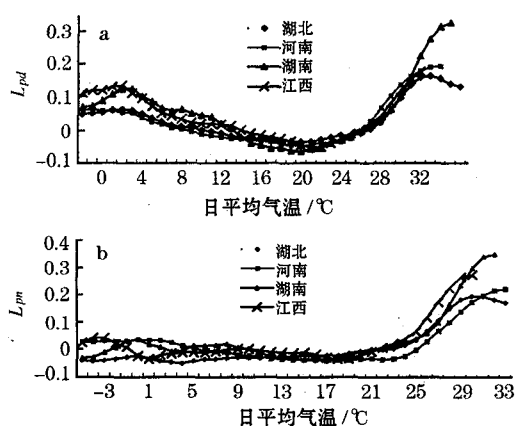


图4 华中各省气象负荷与日平均气温的关系

a: 日负荷 L_{pd} b: 1小时最小负荷 L_{pm}

各省电网之间的 L_{pd} 、 L_{pm} 的差别主要是: 气温高于 20℃ 时, 湖南的气象负荷值较其它三省大, 即湖南电网受气象条件的影响大, 在气温 25~28℃ 时, 气温每增加 1℃ 该电网负荷增加 5%, 而其它仅 3% 左右, 特别是在高温时湖南电网的 L_{pd} 特别大, 最大超过 0.3, 而其它三省 L_{pd} 的最大值为 0.2 左右。这显示在高温季节, 湖南电网与气象条件的关系特别密切。而在气温低于 20℃ 时, 湖北和河南两省的 L_{pd} 十分接近, 而湖南和江西两省的 L_{pd} 值在气温低于 12℃ 时较大, 可能这两省的取暖用电较多。

各省电网之间的 L_{pm} 的主要差别是: 气温高于 20℃ 时, 湖南和江西的气象负荷值较其它两省大, 在气温为 25~29℃ 时气温每增加 1℃, L_{pm} 增加 5%, 而河南较低, 气温每增加 1℃ L_{pm} 增加 3% 左右。在气温低于 20℃ 时, 河南的 L_{pm} 曲线变化较稳定, 而其他三省 L_{pm} 曲线变化较复杂, 例如在气温低于 1℃ 时, 江西和湖南的 L_{pm} 变化相反, 但四省的 L_{pm} 的值变化都不大。

4 小结

本文在定义气象负荷的基础上, 研究分析了华中电网负荷(包括日负荷、1小时最大负荷和1小时最小负荷)与气象因子的关系。

主要的结论是:

(1) 华中电网负荷的变化与气象条件密切相关。日负荷、1小时最大负荷和1小时最小负荷都与日平均气温有很好的相关关系。

(2) 在分析负荷与气温变化关系时, 日平均气温 20℃ 为分界点。气温在 20℃ 以下, 气象负荷与气温是负相关, 气温在 20℃ 以上, 气象负荷与气温是正相关。除 1 小时最小负荷在气温 20℃ 以下时相关系数绝对值较小外, 其它情况的相关系数绝对值都大于 0.5。

(3) 气温在 25~28℃ 时负荷对气温的变化最敏感。此时气温每变化 1℃, 负荷变化约改变 3%。而气温在 18~22℃ 时负荷对气温的变化较不敏感。

(4) 在高温(日平均气温大于 32℃) 情况下, 气象负荷随气温升高的幅度并不大, 而在低温(日平均气温小于 1℃) 情况下, 气象负荷随气温下降不升反降。

(5) 华中四省各自的气象负荷曲线的变化规律基本一致, 但气温对湖南电网的影响比其它三省要大些。

随着人民生活水平的提高, 生活用电在总用电中的比重将进一步上升, 因此今后用电负荷与气象因子的关系有更加密切的趋势。以上分析为通过预报气温来预测负荷变化奠定了基础, 至于利用气象因子来预测负荷的方法和效果, 我们将进一步研究。

参考文献

- 1 Douglas M. L. C. and Henry E. W. . Modeling the impact of summer temperatures on national electricity consumption. J. Appl. Meteor. , 1981, 20: 1415—1419.
- 2 Quayle, R. G. , and H. F. Diaz. Heating degree day data applied to residential heating energy consumption. J. Appl. Meteor. , 1980, 19: 241—246.
- 3 陈正洪, 杨荆安, 洪 斌. 华中电网用电量与气候的变化及其相关性诊断分析. 华中师范大学学报, 1998, 32(4): 515—520.

(下转第 37 页)

A Relationship between Daily Electric Loads and Meteorological Elements in Central China

Hu Jianglin Chen Zhenghong

(Meteorological Research Institute of Hubei Province, Wuhan 430074)

Hong Bin Wang Guangsheng

(Energy Research Institute of Electric Power Bureau of Central China)

Abstract

The meteorological electric loads, which follow weather conditions, is deduced from the loads of electric network over four provinces in central China according to data from February 1997 to May 2000. The relations between meteorological electric loads and weather data are analysed, and the features and their variation rules of relations between meteorological electric loads and air temperature over four provinces in central China are discussed, respectively. The investigation shows that the correlativity between them is in evidence. The correlative coefficient is positive when average temperature is more than 20°C and negative when it is below 20°C . And the meteorological electric loads vary rapidly with air temperature when it is among $25 - 28^{\circ}\text{C}$.

Key Words: meteorological electric loads meteorological data correlation