

盛琼,朱晓东,骆丽楠,等. 2011. 湖州市用电需求特性及其与气象条件的关系[J]. 大气科学学报,34(1):122-127.

Sheng Qiong, Zhu Xiao-dong, Luo Li-nan, et al. 2011. Characteristics of electricity demand and its relationship with meteorological condition in Huzhou City[J]. Trans Atmos Sci, 34(1):122-127.

湖州市用电需求特性及其与气象条件的关系

盛琼¹, 朱晓东², 骆丽楠¹, 顾泽¹

(1. 湖州市气象局, 浙江 湖州 313000; 2. 湖州市电力局, 浙江 湖州 313000)

摘要:通过计算日用电量气象变化率 l_{ml} 、日最大用电负荷气象变化率 l_{mh} , 分析了湖州市 2006—2008 年用电量及最大用电负荷的变化特征及其与气象要素的关系, 着重研究了平均气温、最高气温、最低气温对用电量及最大用电负荷的影响, 建立了日最大用电负荷、日用电量的预测模型。结果表明:用电量及最大用电负荷表现出年周期变化, 且稳步递增, 但月差异明显;不同月份不同气象因子对用电量及最大用电负荷的影响各有不同, l_{mh} 、 l_{ml} 与气象因子相关性显著的月份集中在 6—10 月;在不同温度范围, 气温对用电量及最大用电负荷的影响程度也不同, 随着气温变化, 用电量和最大用电负荷的变化率最大可达 20%;在 7 月、8 月, 气温升高 1 °C 时, l_{mh} 、 l_{ml} 的变化最大, 可达 2%~5%。

关键词:用电量;最大负荷;气象因子

中图分类号:P49 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-7097(2011)01-0122-06

Characteristics of electricity demand and its relationship with meteorological condition in Huzhou City

SHENG Qiong¹, ZHU Xiao-dong², LUO Li-nan¹, GU Ze¹

(1. Huzhou Meteorological Bureau, Huzhou 313000, China; 2. Huzhou Power Bureau, Huzhou 313000, China)

Abstract: The characteristics of electricity consumption and maximum electrical load, and their relationships with meteorological elements were analyzed by calculating the change rate of daily electricity consumption (l_{ml}) and maximum electrical load (l_{mh}) in Huzhou City, China from 2006 to 2008. This paper emphatically introduced the effects of mean temperature, minimum temperature and maximum temperature on the electricity consumption and maximum electrical load, and established the forecast model of electricity consumption and maximum electrical load. Results show that the daily electricity consumption and maximum electrical load have interannual variation characteristics and increasing trends from 2006 to 2008, but with obvious monthly differences. The effects of different meteorological elements on electricity consumption and maximum electrical load are different in each month, and the relations between l_{ml} (l_{mh}) and meteorological elements are significantly from June to October. In different temperature range, the influences of temperature on electricity consumption and maximum electrical load are different, and the electricity consumption and maximum electrical load have maximum change rate of 20%. The values of l_{ml} and l_{mh} can reach 2%—5% when temperature increases 1 °C in July and August.

Key words: electricity consumption; maximum electrical load; meteorological elements

收稿日期:2009-07-17; 改回日期:2010-10-10

基金项目:湖州市科技计划项目(2008C33054)

作者简介:盛琼(1983—),女,安徽淮南人,硕士,工程师,研究方向为预报服务,shengqiong2005@163.com.

0 引言

随着社会经济的发展,人民生活水平的提高,用电需求与气象要素的关系越来越密切,近年来许多研究也表明了这一点(罗森波等,2007;唐毅等,2007;藏晓钟等,2001)。付桂琴(2008)分析了不同时段用电负荷的主要气象影响因子,并建立了最大用电负荷的气象预测模型。贺芳芳等(2008)通过对比评估高温日和6—9月气象条件对用电需求的影响,建立了日用电量和日最大用电负荷气象变化量预评估和后评估模型。钟利华等(2008)引入了有效温度,综合衡量了气象因素对广西用电负荷的影响。由于不同区域的气候条件、地理环境以及工农业生产特点等地区差异较大,所以气象条件对用电需求的影响也不相同(陈志巧,2006),因此,分析当地气象条件与用电需求的关系是非常有必要的。本文通过分析2006—2008年用电量及最大用电负荷的变化特征,结合本地气候特点,试图找出湖州地区气象要素与用电量、最大负荷的关系,这对节能减排,实现合理电力调度有着重要的意义。

1 资料和处理方法

1.1 资料

所用资料为2006—2008年湖州日用电量、日最大用电负荷,以及湖州本站同时期逐日平均气温、极端最高气温、极端最低气温、相对湿度、雨量、风速等气象要素。由于节假日期间用电比工作日偏小,本文剔除了双休日、春节、国庆节等节假日数据。

1.2 处理方法

电力消费是随着社会经济水平和生活水平的提高而逐步增长的,它的变化受到社会经济、气象条件

等诸多因素的制约。日用电量和日最大用电负荷 L 可表示为: $L = L_t + L_m + L_h$ 。其中: L_t 为趋势项,是由国民经济发展而带动的用电增长; L_m 为波动项,即为气象条件对用电的影响,它是造成电力消费波动的主要因素; L_h 为节假日效应项和其他随机因素对用电的影响(段海来和千怀遂,2009)。由于本文中数据已剔除节假日,而随机因素对用电的贡献较小,可以忽略不计,因此上式可简化为: $L = L_t + L_m$ 。本文采用线性关系来表示趋势项 L_t ,即: $L_t = a + bt$ 。式中: t 表示样本序列; a 、 b 使用最小二乘法确定。波动项 L_m 为: $L_m = L - L_t$ 。做相对变换定义 l_m 为 $l_m = L_m / L_t \times 100$,表示日用电量或日最大用电负荷随气象因子的变化率。文中日用电量随气象因子的变化定义为日用电量气象变化率 l_m ,日最大用电负荷随气象因子变化定义为日最大用电负荷气象变化率 l_{mh} 。由于 l_m 是一个百分比,不受时间和空间影响,具有可比性,相对于 L_m 更能较好地描述气象因子对用电的影响。

2 用电量及最大用电负荷的变化特征

分析2006—2008年的日用电量、日最大用电负荷的变化(图1)可以发现,虽然逐日用电量及最大用电负荷差异较大,但总的来说两者均表现出明显的年周期变化,且稳步递增。这是由于社会经济的发展 and 人民生活水平的提高造成的。为了更好地研究气象条件对用电的影响,从用电量和最大用电负荷中把受气象因子影响的分量提取出来是非常有必要的。

进一步分析3a平均的各月用电量及最大用电负荷(图2)可以发现,二者各月的差异非常明显,

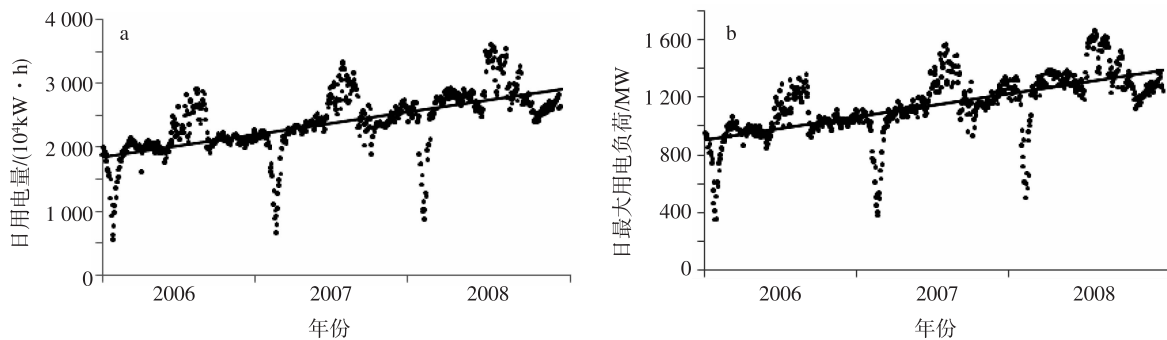


图1 2006—2008年湖州日用电量(a)和日最大用电负荷(b)的变化(直线为线性趋势)

Fig. 1 Variations of (a) daily electricity consumption and (b) daily maximum electrical load in Huzhou from 2006 to 2008 (The straight lines denote the linear trend)

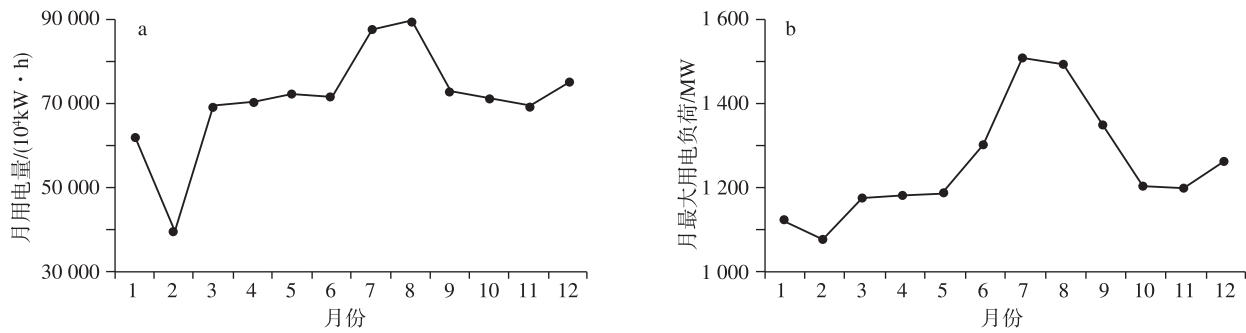


图 2 2006—2008 年年平均各月用电量(a)和最大用电负荷(b)

Fig. 2 (a) Monthly electricity consumption and (b) monthly maximum electrical load averaged from 2006 to 2008

7月、8月为峰值,2月为谷值,其余月份则相差不大。7月、8月时值盛夏,天气炎热,制冷等用电居高不下,月用电量高达 $88\,000 \times 10^4 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 左右,最大用电负荷高达1 500 MW左右;2月用电最少,月用电量只有 $40\,000 \times 10^4 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 左右,不足7月、8月的一半,最大负荷1 100 MW左右,这是由于2月比其余月份少2~3 d,而且春节多在此时段,节日放假,用电需求明显偏低,虽然本文所用资料已经剔除节假日数据,但节假日前后用电需求也较低,这也造成2月成为全年用电量及最大用电负荷最小的月份。

3 气象要素与用电量、最大用电负荷的相关分析

由于湖州市通常情况下平均风速的变化较小,对用电的影响相对也较小,通过计算发现平均风速与 I_{mh} 、 I_{ml} 没有明显的相关性,许多研究(付桂琴,2008;钟利华等,2008)也表明风速对用电需求的影响不大,因此本文不再对其做深入研究。

将2006—2008年全时间段内逐日 I_{mh} 、 I_{ml} 与同

时段内逐日平均气温、最高气温、最低气温、相对湿度、雨量等气象要素进行相关分析,结果表明, I_{mh} 、 I_{ml} 与平均气温、最高气温、最低气温呈正相关,相关系数约为0.6,通过0.01信度的显著性检验,与降水量、相对湿度、风速的相关不显著。进一步逐月分析 I_{mh} 、 I_{ml} 与气象要素的关系发现,不同月份不同气象因子对 I_{mh} 、 I_{ml} 的影响有所区别(表1),但相同月份与 I_{mh} 、 I_{ml} 相关显著的气象因子基本相同。

由表1可见, I_{mh} 、 I_{ml} 与气象因子相关性显著的月份集中在6—10月,其余月份相关性较差。1—5月、11月中,除了3月、4月雨量与 I_{ml} 呈负相关外,其余月份各气象因子与 I_{mh} 、 I_{ml} 的相关性不显著,也就是说气象要素的变化对用电量及最大用电负荷的影响不大。至6月起,平均气温、最高气温、最低气温与 I_{mh} 、 I_{ml} 的正相关系数骤然增大,这表明随着气温的上升,用电量及最大用电负荷明显增大,特别是6—9月,两者的相关系数都在0.7~0.8。这是由于进入夏季,天气炎热,制冷用电增加造成。到了10月,虽然 I_{mh} 、 I_{ml} 与平均气温、最高气温仍为正相关,

表 1 各月 I_{mh} 、 I_{ml} 与气象要素的相关系数Table 1 Correlation coefficients of I_{mh} or I_{ml} and the meteorological elements from January to December

	I_{mh} 与气象因子的相关系数					I_{ml} 与气象因子的相关系数				
	平均气温	最高气温	最低气温	相对湿度	雨量	平均气温	最高气温	最低气温	相对湿度	雨量
1月	-0.02	-0.00	-0.03	-0.07	-0.07	-0.00	0.02	-0.03	0.10	-0.07
2月	-0.22	-0.14	-0.27	-0.09	-0.20	-0.18	-0.10	-0.22	-0.10	-0.20
3月	-0.04	0.02	-0.09	-0.10	-0.30	0.04	0.09	-0.01	-0.12	-0.33 ¹⁾
4月	-0.06	-0.01	0.02	0.29	-0.23	-0.03	-0.07	0.01	0.26	-0.38 ¹⁾
5月	0.01	0.16	-0.18	-0.13	-0.08	0.16	0.29	-0.10	-0.22	-0.20
6月	0.78 ¹⁾	0.74 ¹⁾	0.66 ¹⁾	-0.47 ¹⁾	-0.17	0.81 ¹⁾	0.78 ¹⁾	0.62 ¹⁾	-0.56 ¹⁾	-0.22
7月	0.74 ¹⁾	0.72 ¹⁾	0.53 ¹⁾	-0.49 ¹⁾	-0.26	0.81 ¹⁾	0.71 ¹⁾	0.62 ¹⁾	-0.56 ¹⁾	-0.37 ¹⁾
8月	0.84 ¹⁾	0.84 ¹⁾	0.70 ¹⁾	-0.60 ¹⁾	-0.48 ¹⁾	0.90 ¹⁾	0.86 ¹⁾	0.78 ¹⁾	-0.61 ¹⁾	-0.52 ¹⁾
9月	0.74 ¹⁾	0.68 ¹⁾	0.66 ¹⁾	-0.04	-0.36 ¹⁾	0.78 ¹⁾	0.72 ¹⁾	0.68 ¹⁾	-0.07	-0.38 ¹⁾
10月	0.35 ¹⁾	0.42 ¹⁾	0.22	-0.32	-0.51 ¹⁾	0.46 ¹⁾	0.50 ¹⁾	0.32	-0.34	-0.54 ¹⁾
11月	-0.07	0.03	-0.13	-0.26	-0.20	-0.07	0.03	-0.14	-0.29	-0.20
12月	0.01	-0.33 ¹⁾	0.23	0.46 ¹⁾	0.16	0.00	-0.33 ¹⁾	0.22	0.45 ¹⁾	0.15

注:1)表示通过0.01信度的显著性检验。

但相关系数的值与6—9月相比明显偏小,这可能是由于进入秋季后气温逐步下降,高温天气减少所致。此外,6—10月, l_{mh} 、 l_{ml} 与相对湿度、雨量的负相关性也比较好,说明夏季,降水越多,湿度越大,天气越凉爽,用电就越少。

12月,进入冬季后最高气温越高,天气暖和,取暖用电越少,用电就越少;相对湿度增大,天气潮湿阴冷,取暖、烘干用电增加,所以 l_{mh} 、 l_{ml} 与最高气温呈负相关,与相对湿度呈正相关。

4 l_{mh} 、 l_{ml} 对气温变化的敏感度

4.1 l_{mh} 、 l_{ml} 随气温的变化特征

为了更清楚地表示 l_{mh} 、 l_{ml} 随气温的变化特征,根据本地逐日平均气温、最高气温、最低气温和 l_{mh} 、 l_{ml} ,分别建立回归方程。图3为由回归方程绘制的在本地气温变幅内, l_{mh} 、 l_{ml} 随气温的变化曲线。据历史资料统计,近十年来,湖州本站平均气温变幅在 $-3 \sim 34\text{ }^{\circ}\text{C}$,最高气温变幅在 $-1 \sim 39\text{ }^{\circ}\text{C}$,最低气温变幅在 $-7 \sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。由图3可见,在本地气温变幅内, l_{mh} 、 l_{ml} 的值域一般在 $-5\% \sim 20\%$,也就是说,随着气温变化,用电量和最大用电负荷的变化率最大

可达20%。

l_{mh} 随平均气温、最高气温和最低气温的变化速率要大于 l_{ml} ,这说明最大用电负荷对气温变化的响应要比用电量更加敏感。而且 l_{mh} 、 l_{ml} 随气温的变化曲线均为两头高、中间低的不对称形态,在较高温度下, l_{mh} 、 l_{ml} 的值明显大于气温较低时,即在温度较高时,气温的变化对用电量和最大用电负荷的影响要比气温较低时大很多,这也说明夏季制冷用电要明显多于冬季取暖用电。

由绘制图3的回归方程可计算得到表2数据。从表2可以清楚地看到,在不同温度取值范围内,气温对用电量和最大用电负荷的影响程度也不同。当 l_{mh} 、 l_{ml} 为负值时,气温对用电量和最大用电负荷的影响最小,两者的值由负转正时,影响加大,尤其是当平均气温超过 $29(30)\text{ }^{\circ}\text{C}$,或最高气温超过 $34(35)\text{ }^{\circ}\text{C}$,或最低气温超过 $24(28)\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, l_{mh} (l_{ml})的值大于10%,用电量和最大用电负荷随着气温的升高而急剧增加。在温度较低时, l_{ml} 的值小于5%,即用电量和最大用电负荷的最大变化率只有5%,只有当平均气温 $\leq -2\text{ }^{\circ}\text{C}$,或最高气温 $\leq 1\text{ }^{\circ}\text{C}$,或最低气温 $\leq -5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, l_{mh} 的值才能达到5%~10%。

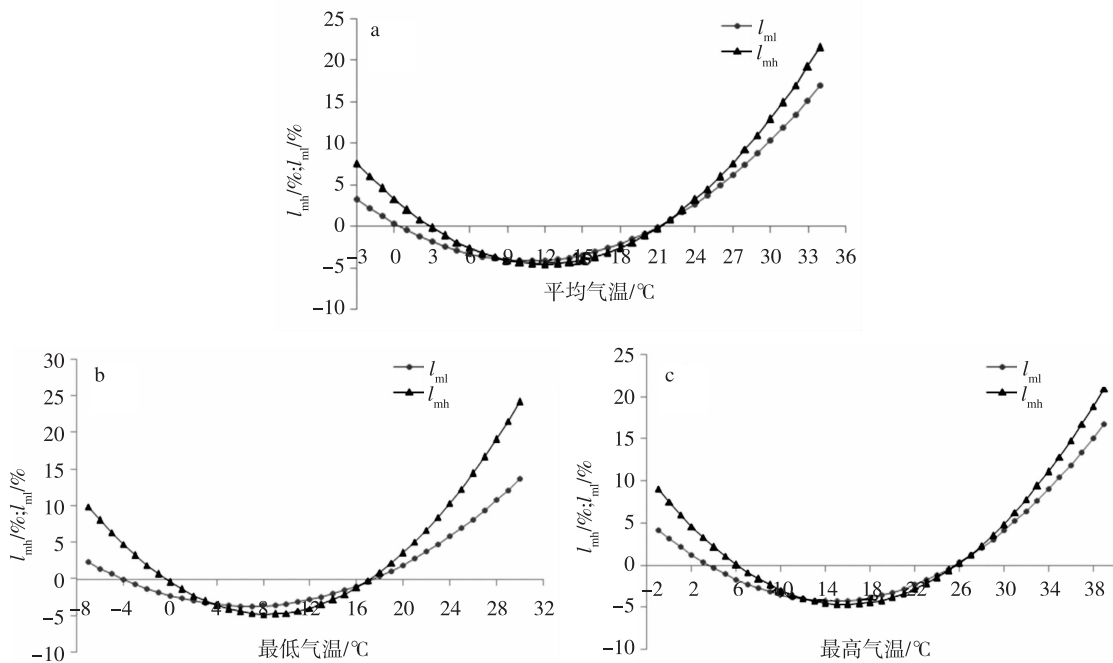


图3 l_{mh} 、 l_{ml} 随平均气温(a)、最低气温(b)、最高气温(c)的变化

Fig. 3 Variations of l_{mh} and l_{ml} with (a) mean temperature, (b) minimum temperature, and (c) maximum temperature

表 2 l_{mh} 、 l_{ml} 不同值域对应的气温取值范围Table 2 The range of temperature under different values of l_{mh} and l_{ml}

°C

	l_{ml}			l_{mh}		
	<0%	>5%	>10%	<0%	>5%	>10%
平均气温	1~21	≥27	≥30	3~21	≥26 或 ≤-2	≥29
最高气温	3~26	≥30	≥35	6~26	≥31 或 ≤1	≥34
最低气温	-4~17	≥24	≥28	0~17	≥21 或 ≤-5	≥24

4.2 气温变化 1 °C 效应

全球气候变暖,已引起世界各国专家学和政府的高度重视(Li et al., 1995; Zhai et al., 1999; Manton et al., 2001; Guan and Yamagata, 2003; 侯伟芬等, 2004; 彭海燕等, 2005; 林昕和管兆勇, 2008; 潘文卓等, 2008), IPCC 第 4 次评估报告指出,最近 100 a (1906—2005 年)全球平均地表温度上升了 $(0.74 \pm 0.18) \text{ }^\circ\text{C}$ (IPCC, 2007)。而由以上分析可知,在 6—10 月 l_{mh} 、 l_{ml} 与气温相关性最好。下面着重分析 6—10 月的情况,当气温变化 1 °C 时,对用电量及最大用电负荷的影响程度有何不同。选取 6—10 月逐日 l_{mh} 、 l_{ml} 值及相对应的平均气温、最高气温、最低气温,逐月进行回归分析,建立回归方程: $y = a + bx$, 回归系数 b , 即为气温变化 1 °C 效应。分别计算当平均气温、最高气温、最低气温变化 1 °C 时, l_{mh} 、 l_{ml} 值的变化,结果见表 3。表中所有值均为正,说明随着气温的升高,用电量及最大用电负荷增大,这与前面的分析结果一致,尤其是 7 月、8 月, l_{mh} 、 l_{ml} 的值可达 2%~5%, 即气温升高 1 °C, 用电量及最大用电负荷的变化率均超过 2%, 尤其是对用电量的影响最大,当平均气温升高 1 °C 时,用电量的变化为 4%~5%。由表 3 还可以看出,最高气温变化 1 °C 时的效应没有平均气温、最低气温的明显。

表 3 6—10 月平均气温、最高气温、最低气温变化 1 °C 时 l_{mh} 、 l_{ml} 的变化Table 3 The variations of l_{mh} and l_{ml} when the mean, maximum and minimum temperatures change 1 °C from June to October

	l_{ml}			l_{mh}		
	平均气温	最高气温	最低气温	平均气温	最高气温	最低气温
6 月	2.29	1.58	2.03	2.12	1.43	2.05
7 月	4.83	2.88	4.45	3.72	2.48	3.21
8 月	4.58	3.44	4.80	3.57	2.79	3.59
9 月	2.23	1.58	1.78	2.19	1.54	1.78
10 月	0.85	0.79	0.55	0.63	0.65	0.36

5 日最大用电负荷及日用电量预测模型的建立

在生产实际中,电力调度部门往往更加关注日用电量 L_d 、日最大负荷 L_f 的预测。以前 1 d 的日用电量 L_{d-1} 、日最大负荷 L_{f-1} 、当天各气象要素为自变量,采用逐步回归方法建立日用电量 L_d 、日最大负荷 L_f 的预报方程,分别为

$$L_d = 0.953 \times L_{d-1} - 3.534 \times P + 1.892 \times t + 93.914,$$

$$L_f = 0.951 \times L_{f-1} - 1.381 \times P + 0.813 \times t + 47.833.$$

式中: P 表示降水量 (mm); t 表示平均气温 (°C)。两个方程的决定系数 R^2 分别为 0.94、0.96。利用上式拟合日用电量、日最大负荷,计算得到的拟合值和实际值相比平均绝对误差依次为 3.5%、3.3%, 拟合效果较好,可以应用在实际生产中。

6 小结

2006—2008 年的用电量及最大用电负荷均表现出年周期变化,且稳步递增,但月差异明显,7 月、8 月为峰值,2 月为谷值,其余月份相差不大。

计算日用电量气象变化率 l_{ml} 、日最大用电负荷气象变化率 l_{mh} , 并与气象因子进行相关分析表明,不同月份不同气象因子对用电量及最大用电负荷的影响各有不同。 l_{mh} 、 l_{ml} 与气象因子相关性显著的月份集中在 6—10 月,尤其是与气温呈显著的正相关,与雨量、相对湿度基本呈负相关。

进一步分析气温对用电量及最大用电负荷的影响表明,在不同温度范围,气温对用电量及最大用电负荷的影响程度也不同。随着气温变化,用电量和最大用电负荷的变化率最大可达 20%; 最大负荷对气温变化的响应要比用电量更加敏感;在温度较高时,气温的变化对用电量和最大用电负荷的影响要比气温较低时大很多。通过 6—10 月气温变化 1 °C 效应的分析表明,7 月、8 月,气温升高 1 °C 时, l_{mh} 、 l_{ml} 的变化最大,可达 2%~5%。

采用逐步回归方法,建立日用电量、日最大负荷

预测模型,拟合效果较好,可以应用在实际生产中。

参考文献:

- 陈志巧. 2006. 基于模糊理论的电力负荷预测研究[J]. 山东科技大学学报, 25(2): 81-83.
- 段海来, 千怀遂. 2009. 广州市城市电力消费对气候变化的响应[J]. 应用气象学报, 20(1): 80-87.
- 付桂琴. 2008. 气象条件对电力负荷的影响分析[J]. 气象科技, 36(6): 175-180.
- 贺芳芳, 徐家良, 周伟东, 等. 2008. 上海地区高温期气象条件对用电影响的评估[J]. 高原气象, 27(增刊): 210-217.
- 侯伟芬, 王谦谦, 刘燕. 2004. 江南地区夏季气温异常与全球海温异常的相关关系[J]. 南京气象学院学报, 27(4): 539-544.
- 林昕, 管兆勇. 2008. 中国华东地区夏季高温的时空特征和年际变化[J]. 南京气象学院学报, 31(1): 1-9.
- 罗森波, 纪忠萍, 马煜华, 等. 2007. 2002—2004年广东电力负荷的变化特征及预测[J]. 热带气象学报, 23(2): 153-161.
- 潘文卓, 缪启龙, 许遐祯. 2008. 1956—2006年南京气温变化特征[J]. 南京气象学院学报, 31(5): 694-701.
- 彭海燕, 周曾奎, 赵永玲. 2005. 2003年夏季长江中下游地区异常高温的分析[J]. 气象科学, 25(4): 355-361.
- 唐毅, 姜学宝, 施丹平, 等. 2007. 夏季影响苏州电力负荷走势的气象条件简析[C]//中国气象学会2007年年会气象经济论坛分会场论文集. 94-100.
- 藏晓钟, 周霖华, 王子缘, 等. 2001. 常州用电负荷量气象指数初探[J]. 气象科学, 21(4): 462-467.
- 钟利华, 李勇, 叶殿秀, 等. 2008. 综合气象因素对广西电力负荷的影响[J]. 气象, 34(5): 112-122.
- Guan Z Y, Yamagata T. 2003. The unusual summer of 1994 in East Asia: IOD teleconnections [J]. Geophysical Research Letters, 30(10): 539-544.
- IPCC. 2007. Climate change 2007: The physical science basis; Summary for policymakers[R]. Cambridge: Cambridge University Press.
- Li Xiaowen, Zhou Xiuji, Li Weiliang. 1995. The cooling of Sichuan province in recent 40 years and its probable mechanisms[J]. Acta Meteorologica Sinica, 9(1): 57-68.
- Manton M J, Della-Marta P M, Haylock M R, et al. 2001. Trend in extreme daily rainfall and temperature in southeast Asia and the south Pacific; 1961—1998[J]. Int J Climatol, 21(3): 269-284.
- Zhai P M, Sun A J, Ren F M, et al. 1999. Changes of climate extremes in China[J]. Climate Change, 42(1): 203-218.

(责任编辑:倪东鸿)