

文章编号: 0375-5444 (2000) 07-0034-05

华中电网四省日用电量与气温关系的评估

陈正洪¹, 洪 斌²

(1. 湖北省气象科学研究所, 武汉 430074; 2. 华中电力集团公司, 武汉 430077)

摘要: 根据华中电网 4 省 1991、1993、1995 年逐月的日用电量与日平均、最高、最低气温的线性相关分析发现: ①日用电量与日平均气温在夏半年 (5~9 月) 85% 月份呈显著正相关, 冬半年 (10~4 月) 2/3 月份相关不显著, 且正、负相关月数各半; ②夏半年各月日用电量的 1℃ 效应量逐年增加, 以又热又干的月份最大, 河南在 6 月, 南 3 省在 7 或 8 月; ③夏半年日用电量与日平均气温的时间变化曲线较一致, 有时前者峰或谷比后者峰或谷迟 1~2 天, 二者相关系数 0.89 (湖北)。最后建立了夏半年各月日用电量-气温评估模型。

关键词: 华中电网; 日用电量; 气温; 相关分析

中图分类号: P467 **文献标识码:** A

近年随着市场经济的发展和人民生活水平的提高, 空调大量进入家庭、办公室、工厂及各类公共场所, 用于夏季降温制冷、冬季升温取暖, 从而使气温变化对是否需要提供额外电量起着越来越重要的作用^[1~3]。另据美国 80 年代初估计^[4], 夏季高温期间因气温升高用于调节空气温度的电量占全部电量的 17%, 一旦发生热浪事件, 该比值可达 20%。若以周制冷度时 CDD (日平均气温 $\geq 18.3^{\circ}\text{C}$ 以上有效积温) 为因子所建立用电量的简单线性拟合方程显示, CDD 可以解释额外用电量 91% 以上的变化。

华中电网由河南、湖北、湖南、江西 4 省电网组成, 横跨长江、黄河两大水系, 其中河南省地处南温带, 冬季风寒且以火力发电为主, 南 3 省地处亚热带, 夏季炎热且以水电为主, 可见从地理分布、气候特征、电力供应方式等多方面比较南北差异较大。研究该电网内各省用电量对气温的响应关系及其评估模型, 可为该电网乃至全国电力部门合理调度、提高效率、减少浪费提供重要的参考依据。

1 资料与方法

以华中电网 4 省 1991、1993、1995 年 3 年逐日全社会用电量 E 及同期 4 省会城市 (郑州、武汉、长沙、南昌) 逐日平均、最高、最低气温为原始资料, 先将日用电量与气温进行单相关分析, 再利用逐步回归方法建立逐月的日用电量评估模型。

收稿日期: 2000-07-03; 修订日期: 2000-09-11

基金项目: 国家“九五”攻关项目 (96-908-03-03-01) [Foundation Item: The key project of National Ninth Five Year Plan, No. 96-908-03-03-01]

作者简介: 陈正洪 (1964-), 男, 湖北大冶人, 高级工程师。主要从事防灾减灾、气候变化、应用气象研究, 已发表论文 80 多篇。E-mail: hbjqx@sina.com

2 结果分析

2.1 日用电量与日平均气温的相关分析

表 1 华中电网 4 省日用电量与日平均气温相关系数的月际差异
Tab. 1 Monthly differences of the correlation between daily energy consumption and daily average air temperature

月	河南省			湖北省			湖南省			江西省		
	1991	1993	1995	1991	1993	1995	1991	1993	1995	1991	1993	1995
1	-.02	-.36b	.39b	.17	-.22	-.23	.11	-.22	-.07	.41b	-.32b	-.24
2	-.22	-.60d	.77d	-.03	-.38b	.76d	.03	.13	.50c	.04	-.55c	.61d
3	.35a	.25	-.14	-.06	-.03	.07	-.25	.02	-.38b	-.28	-.26	.22
4	.02	.15	.21	-.06	.40b	-.04	.17	-.37b	-.33a	.24	-.20	-.26
5	.26	.65d	.38b	.42b	.25	.79d	.08	.46c	.43b	.38b	.42b	.51c
6	.53c	.72d	.78d	.65d	.63d	.45b	.57d	.54d	.18	.66d	.49c	.15
7	.25	.45c	.65d	.77d	.80d	.89d	.25	.66d	.89d	.58d	.72d	.81d
8	.74d	.67d	.34a	.64d	.79d	.84d	.40b	.77d	.32a	.49c	.72d	.83d
9	.65d	.74d	.57d	.62d	.60d	.95d	-.06	.57d	.86d	.20	.76d	.92d
10	.003	.60d	.02	-.13	-.09	.22	.35b	.22	.02	.20	.22	.15
11	.06	-.10	.21	.15	-.27	-.08	.84d	-.43b	-.79d	.22	-.46c	-.24
12	.24	-.39b	-.37b	.83d	-.19	.35a	.27	-.40b	.24	.64d	-.07	-.69d

注：末尾有 a、b、c、d 表示该值经 F 检验分别通过信度 0.1、0.05、0.01、0.001 的显著性检验。

1) 夏半年 (5~9 月) 几乎非常一致地为高度显著正相关 (表 1)，4 省 3 年合计分别通过 0.1、0.05、0.01、0.001 各级显著性检验的月数各为 2、7、6、36，总计为 51 个月，占全部 60 个月的 85%，其中通过 0.001 显著性检验的又占大多数。正相关不显著为 8 个月，仅湖南省 1991 年 9 月为弱的负相关 ($r=-0.06$)；

2) 冬半年 (10~4 月) 多数月份相关不显著，4 省 3 年合计分别通过 0.1、0.05、0.01、0.001 各级显著性检验的月份各为 4、12、3、10，总共才 29 个月，占全部 84 个月的 34.5%，而且其中显著负相关为 15 个月，显著正相关为 12 个月；

3) 就所有月份，不论相关显著与否，夏半年正、负相关的月份为 59:1，冬半年则各为 43:41。

结果表明，气温较高时 (大约以 20℃ 为界)，日用电量受气温影响大且规律一致，均表现为气温升高用电量明显增加；反之，气温越低，日用电量受气温升降影响较复杂，即气温升高时日用电量在 2/3 情况下变化不大，在 1/3 情况下为显著增加或减少。

2.2 夏半年日用电量的 1℃ 效应量及其分析

表 2 为日平均气温每升高 1℃ 需增加的日用电量 (b 值)。由表 2 可见：

- (1) 河南省 b 值逐年变化较平稳，南 3 省及全电网的 b 值逐年增加趋势明显；
- (2) 从 1991 年到 1995 年，以湖北省的 b 值增幅最大。到 1995 年湖北省 b 值最大，河南次之，江西最小，说明武汉所在省制冷设备急剧增加。如 1995 年湖北省每百户空调拥有量已达 17.08%，而河南、湖南、江西 3 省分别为 12.7%、11.2%、7.97%；
- (3) 河南省以 6、7、8 月的 b 值依次为最大的前 3 位；其余 3 省以 7、8、9 月为 b 值

的前 3 位,最大值出现在 7 月或 8 月。4 省均以 5 月的 b 值最小,全电网 b 值从大到小依次为 8、7、9、6、5 月。关于河南省与南 3 省 b 值最大值出现月份差异,主要是因为河南省以 6 月少雨温高而 7 月或 8 月正值雨季,南 3 省 7、8 月正值盛夏高温伏早期耗电量,而 6 月正值梅雨季节是夏季 3 个月中温度最低的。南北气候位相相反,从而导致极值月份有别;

(4) 通常某一月气温越高 b 值就越大,除在月际差异中体现外,还在不同省份体现。如 1995 年 6 月江西、湖南及湖北东部和南部大水温度低而湖北北部、河南干旱高温。4 省当年该月 b 值依次为极小、 $1.83 \times 10^6 \text{kW} \cdot \text{h}/^\circ\text{C}$ 、 $10.06 \times 10^6 \text{kW} \cdot \text{h}/^\circ\text{C}$ 、 $13.50 \times 10^6 \text{kW} \cdot \text{h}/^\circ\text{C}$ 。

表 2 华中电网 4 省夏半年日用电量 1℃效应量 (b 值) 的年月差异 ($10^6 \text{kW} \cdot \text{h}/^\circ\text{C}$)
Tab. 2 The monthly and yearly differences of 1℃ effect in summer half year ($10^6 \text{kW} \cdot \text{h}/^\circ\text{C}$)

月	河南省			湖北省			湖南省			江西省			华中电网		
	1991	1993	1995	1991	1993	1995	1991	1993	1995	1991	1993	1995	1991	1993	1995
5	3.07	7.54	2.62	2.41	2.09	11.36	+	2.03	2.75	.93	1.34	2.93	6.41	13.00	19.66
6	6.70	13.89	13.50	6.44	8.80	10.06	5.16	4.24	1.83	4.27	2.06	+	22.57	28.99	25.39
7	3.78	4.90	13.54	7.84	13.26	17.29	1.87	5.54	12.56	4.00	3.94	9.41	17.49	27.64	52.80
8	11.56	9.82	4.99	12.86	9.60	23.66	5.54	7.16	4.16	4.58	4.52	9.60	34.54	31.10	42.41
9	9.72	9.08	5.23	6.30	9.23	18.90	-	6.14	8.19	.84	6.83	6.79	16.86	31.28	39.11
平均	6.97	9.05	7.98	7.17	8.60	16.25	2.51	5.02	5.90	2.92	3.74	5.75	19.57	26.48	35.87

注:表中+、-表示仅微弱正、负值 ($\leq 1 \times 10^6 \text{kW} \cdot \text{h}/^\circ\text{C}$)。

2.3 夏半年日用电量与日平均气温相关曲线——以湖北省 1995 年为例

根据湖北省 1995 年夏半年日用电量与日平均气温的同步时间变化曲线 (略),可见:

1) 整个夏半年日用电量与日平均气温变化趋势十分一致,即气温高用电量多,气温低用电量少,二者相关系数达 0.89;

2) 整个夏半年有 3 个明显的高温阶段 (7 月 10 日~8 月 1 日、8 月 5 日~13 日、8 月 30 日~9 月 7 日),对应用电量也为 3 个明显的高值阶段;

3) 日用电量的增减日期比气温的升降日期有时可略延后 1~2 天到来,如当年 7 月 10 日出梅进入盛夏,日平均气温从前一日的 27.3°C 骤升至 30.7°C ,但 10 日的日用电量仍维持在较低水平 (仅 $10.42 \times 10^8 \text{kW} \cdot \text{h}$,但比 9 日已增加了许多),主要是人们还未准备好去打开一些制冷电器;7 月 20 日是当年日平均气温最高的一天,但日用电量以 7 月 22 日最高;9 月 7、8、9 三日的日平均气温分别为 33.7°C 、 27.1°C 、 24.6°C ,其中以 7~8 日降温幅度最大,8 日用电量虽比 7 日已大幅度下降但仍维持在较高水平 ($11.3 \times 10^8 \text{kW} \cdot \text{h}$),这主要是上一日的夜间高温使一些封闭场所至次日仍维持较高温度,仍需耗费较多电能去降温^[4]。

2.4 夏半年日用电量评估模型的建立——以 1995 年为例

由上可知,夏半年日用电量与气温正相关关系很稳定,拟合方程具有较好的预报性和评估性,为此给出华中电网 4 省夏季各月日用电量的拟合评估方程 (下表仅列出河南、湖北两省 1995 年的模型),可直接供电网调度时参考。

表 3 河南、湖北两省夏半年逐月的日用电量评估模型

Tab. 3 Evaluation models of daily energy consumption in Henan and Hubei

河南省		湖北省	
逐月日用电量评估模型	复相关系数	逐月日用电量评估模型	复相关系数
$E_5 = 1019.56 + 2.6166T$	.383	$E_5 = 657.11 + 11.3605T$	.785
$E_6 = 624.27 - 0.1495T + 7.3922T_M + 8.7188T_m$	.847	$E_6 = 718.36 + 10.0601T$	.446
$E_7 = 683.55 + 11.8403T_M$	.696	$E_7 = 529.74 + 19.9837T_m$	.918
$E_8 = 916.74 - 5.788T + 10.005T_M$	.643	$E_8 = 381.51 + 19.6177T_M$	.841
$E_9 = 939.91 + 5.2265T$	.571	$E_9 = 381.51 + 19.6177T_M$	.841

注： E_i ($i=5, 6, 7, 8, 9$) 为各月日用电量 ($10^6\text{kW}\cdot\text{h}$)， T ， T_M ， T_m 分别为日平均、最高、最低气温 ($^{\circ}\text{C}$)

3 小结与讨论

(1) 日用电量与气温的相关性，全年可划分为两段，即夏半年多为显著正相关，冬半年相关不显著；

(2) 夏半年日用电量的 1°C 效应量显著，且有逐年增加趋势，并以最热月份最大；

(3) 夏半年日用电量与日平均气温变化曲线较一致，即气温高日用电量多，反之亦然，电量的峰、谷比气温的峰、谷略延后 1~2 天；

(4) 最后用逐步回归法建立了 4 省 1995 年夏半年逐月的日用电量—气温评估模型。

致谢：本研究承蒙国家气候中心黄朝迎研究员指导，谨此致谢！

参考文献 (References)

- [1] Yan Zhixiong, Chen Yijie. Influences on Energy Requirement by Climate [J]. *Meteorology*, 1994, 20 (2): 44—46. (In Chinese) [严智雄, 陈以洁. 气候对南昌市电量需求的影响分析 [J]. 气象, 1994, 20 (2): 44—46.]
- [2] Xin Hong. Relationship between High Temperature and Electricity Supply [J]. *Hubei Meteorology*, 1995 (2): 45. (In Chinese) [辛红. 武汉盛夏高温与供电关系 [J]. 湖北气象, 1995 (2): 45.]
- [3] Chen Zhenghong, Yang Jingan, Hong Bin. The Changes of Electricity Consumption in Central China Power Network and Climate and Their Correlation Diagnosis [J]. *Central China Normal University*, 1998, 32 (4): 515—520. (In Chinese) [陈正洪 杨荆安 洪斌. 华中电网全社会及居民生活用电与气候异常的相关性诊断分析 [J]. 华中师范大学学报, 1998, 32 (4): 515—520.]
- [4] Douglas M, Le Comte, Henry E. Warren. Modelling the Impact of Summer Temperatures on Natural Electricity Consumption [J]. *Journal of Applied Meteorology*, 1981, 20 (12): 1415—1419

Relationship between Daily Energy Consumption and Temperature in Central China

CHEN Zheng-hong¹, HONG Bin²

(1. Hubei Institute of Meteorological Sciences, Wuhan 430074;

2. Technology Center of Central China Power Group Co., Wuhan 430077)

Abstract: The linear correlation analysis are adopted on the daily energy consumption and average air temperature, the maximum and the minimum air temperature of central China

electric network in 1991, 1993 and 1995, the following are the findings: 1) The correlation of daily energy consumption and daily average air temperature is remarkably positive in 85% months in the summer half year (from May to September), but about two-thirds months in the winter half year (from October to April), the correlation is not remarkable; 2) by 1°C effect of daily energy consumption of every month in summer half year increased year by year, and the largest appeared in the month which is hot and dry. It appeared in June in Henan, and in July or August in other three provinces; 3) In summer half year, timely varying curves of daily energy consumption and daily average air temperature are unanimous, and the peaks or gorges of the former is about one or two days later than that of the latter. The correlation coefficient is 0.89 (Hubei). Finally, the evaluation models for monthly daily energy consumption-air temperature correlation of summer half year are built.

Key words: Central China electric network; energy consumption; correlation analysis; air temperature; evaluation

www.cnki.net