

基于天气分型的夏季逐时用电负荷预报

臧传花¹ 赵敏芬^{1,2} 卢兆民¹

(1. 山东省淄博市气象局, 255048; 2. 南京大学大气科学系)

提 要: 用2004年和2005年6—8月用电负荷资料和气象资料, 分月建立了日平均气象负荷预报方程。讨论了用气象负荷的日变化量来代替总用电负荷的日变化量进而预报逐日总负荷的可行性。分5种天气类型统计了各天气类型下逐时负荷与日平均负荷的比率, 日平均用电负荷预报值与该天气类型的逐时比率相乘得到逐时用电负荷的预报值。经2006年试用, 日平均用电负荷预报的平均相对误差为2.0%, 逐时用电负荷预报的平均相对误差为2.9%, 对日平均用电负荷起伏较大的变化过程做出了准确预报。

关键词: 气象负荷 用电负荷变量 天气分型 逐时负荷预报

Hourly Electric Load Forecast Based on Different Weather Type in Summer

Zang Chuanhua Zhao Minfen Lu Zhaomin

(Zibo Meteorological office, Shandong 255048)

Abstract: Monthly forecast equations of daily average meteorology electric loads are obtained by using the electric loads and weather data from June to August in 2004 and 2005. The feasibility that the daily variation of total loads is replaced by daily variation of meteorology loads to forecast daily total loads is studied. The weather types are divided into five kinds and the ratio of the hourly loads to the daily average loads is calculated for each kind. The hourly electric loads equal to the product of daily total loads multiplied by hourly ratio in the corresponding weather type. Testing forecast is made during 2006, the results show that average relative errors of daily and hourly average electric load forecasts are 2.0% and 2.9%, respectively. The variation of daily electric loads with large fluctuation is well predicted.

Key Words: meteorological electric load electric load variable weather type hourly load forecast

引 言

气象条件是影响用电负荷的重要因素,以气象要素为预报因子进行用电负荷的日均值、日最高值预报有助于提高电力生产的科学调度水平^[1-3]。但不同的天气形势下,用电负荷的日变化特点会有较大差别。特别在夏季,温度、湿度、云雨的变化幅度大,用电负荷日均值、最高值预报等服务产品不能满足电力调度的需求。因此,研究开发诸如逐时用电负荷预报等更为精细化的服务产品十分必要。本文在建立日平均用电负荷预报方程的基础上,分不同的天气类型进行用电负荷的逐时预报,为电力生产提供更为精细的科学依据。

1 所用资料

用电负荷资料为淄博市电力公司提供的 2004 年和 2005 年 6—8 月逐日逐时的用电负荷数据,计算日平均负荷值,气象资料用同期淄博站的自动站观测值。

2 日平均负荷的预报

2.1 资料处理

2.1.1 用电负荷资料处理

用 2004 年和 2005 年的资料建立用电负荷气象预报方程,首先要将负荷序列处理为均匀序列。2005 年 6—8 月用电负荷较 2004 年平均增加了 $403 \times 10^4 \text{ kW}$,此变化由两年间非气象因素和气候差异产生。分析 2003—2005 年的资料发现,尽管不同年份夏季气候有一定差异,如 2004 年气温较 2003 年低,较 2005 年高,但 3 年内用电负荷呈逐年较大幅度增长趋势,说明相对于经济增长等非气象因素的影响,气候影响可以忽略。因此,为使两年的用电负荷序列趋于平稳,对

2005 年的负荷做以下处理:假定 2004 年用电负荷即为气象负荷,分别计算 2004 年和 2005 年 6—8 月逐日负荷的月平均值,求出各月两年间月平均值的增量,用 2005 年总负荷减去此增量即为 2005 年的气象负荷。以气象负荷作为预报量,用 Y 表示。

2.1.2 气象因子资料处理

以相关较好的日平均气温(T)、最高气温(T_g)、最低气温(T_d)、相对湿度(F)及降水量(R)作为基本因子,分别以 X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 、 X_5 表示。

用电负荷高峰期一般出现在温度持续偏高的时段,应作为关注的重点。高温天气分为干热型和闷热型,干热型高温天气下,湿度小,用电负荷随温度的升高增幅小;而闷热型高温时,高温与高湿相伴,昼夜温差小,用电负荷持续偏高。综合上述因素,对温度因子做如下处理:当 $F < 40\%$ 时, $X_1 = T - 5$; 当 $T_d > 26^\circ\text{C}$ 时, $X_1 = T + 10$ 。

根据降水预报等级划分标准,对降水量做如下处理: $R < 10\text{mm}$, $X_5 = 0$; $10\text{mm} \leq R < 25\text{mm}$, $X_5 = 2$; $25\text{mm} \leq R < 50\text{mm}$, $X_5 = 5$; $R \geq 50$, $X_5 = 10$ 。

2.2 日平均气象负荷预报方程

夏季各月中,影响平均负荷的气象因子有所不同,所以,用逐步回归方法分月建立气象负荷的回归方程。

$$\begin{aligned} 6 \text{ 月: } Y_6 &= 1344.19 + 9.75X_1 + 6.20X_3 \\ &\quad - 14.32X_5 \\ &\quad \text{复相关系数 } 0.767 \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} 7 \text{ 月: } Y_7 &= 2041.44 + 2.45X_1 \\ &\quad - 5.61X_4 \\ &\quad \text{复相关系数 } 0.779 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} 8 \text{ 月: } Y_8 &= 814.31 + 8.45X_1 + 12.98X_2 \\ &\quad + 2.27X_4 - 9.09X_5 \\ &\quad \text{复相关系数 } 0.835 \end{aligned} \quad (3)$$

2.3 日平均用电负荷预报

实际业务中,电力生产部门更需要总负荷预测值。总负荷(E)包括非气象因素产生的趋势负荷(E_1)和气象负荷(E_2),即

$$E = E_1 + E_2 \quad (4)$$

E_2 可由 2.2 的方程计算,而 E_1 的影响因素较为复杂,所以 E_1 的预测成为用电负荷预测的难点。目前预测趋势负荷的方法一般采用线性拟合的方法^[3-4],样本太少,难免有不稳定性。那么,能否在不计算趋势负荷的情况下预报总负荷呢? 下面进行讨论。

趋势负荷的差别主要表现在年际间,同一年份二日或数日之内 E_1 可视为常量,发布预报日总负荷为:

$$E_t = E_1 + E_{2t}$$

气象负荷 E_{2t} 可近似用回归方程计算的 Y_t 代替,则

$$E_t = E_1 + Y_t$$

对预报日有

$$E_{t+1} = E_1 + Y_{t+1}$$

则

$$\begin{aligned} E_{t+1} - E_t &= Y_{t+1} - Y_t \\ E_{t+1} &= E_t + Y_{t+1} - Y_t \end{aligned} \quad (5)$$

E_t 为预报发布日的实际负荷, Y_t 为发布日的气象负荷,可由当日的气象要素实况值代入方程求得, Y_{t+1} 为预报日的气象负荷,可由气象要素的预报值代入方程求得。至此,预报日的平均用电负荷 E_{t+1} 便可由式(5)求得。需要说明的是,实际应用中,预报发布一般在下午,而当日气象要素实况值在 20 时才能出来。对此可以采取两种处理方法,一是用前一日气象要素预报值来代替实况值。由于温度、湿度预报误差较小,而降水为粗略的分级预报,这一处理方法经试用是可行的。第二种方法是分别将发布日前一日的气象要素实况值和预报日的预报值代入方程,计算气象负荷的 48 小时变化量,进而做出总负荷

预报。因为若将 $t-1$ 代替 t ,则上述各式仍成立,所以,此处理方法也是可行的。

用历史资料回代检验,结果平均绝对误差为 $40.8 \times 10^4 \text{ kW}$,平均相对误差为 2.1%。2005 年回代结果如图 1,可见,预报方程能较好地拟合实际负荷的变化。

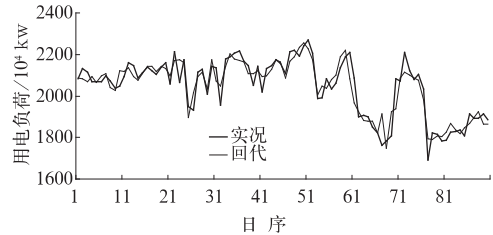


图 1 2005 年 6—8 月日平均用电负荷预报方程回代值与实况值的对比图
日序:6 月 1 日开始为 1,6 月 2 日为 2,……,以此类推

3 逐时用电负荷预报

3.1 天气分型

平均而言,一日内用电负荷的逐时变化主要与生产生活的时间安排有关,但不同的天气形势下,用电负荷的日变化特点不同,并且与气温的逐时变化有关。如当降雨与降温相伴时,用电负荷会迅速下降,且日变化幅度很小;晴热高温天气情况下,用电负荷在白天持续偏高,且日变化幅度大。所以,进行逐时用电负荷预报时有必要区分不同的天气类型来考虑。

在云雨、温湿变化特征相似的天气形势下,用电负荷的逐时分布特征亦相似。用 2005 年 6—8 月的 92 个样本,通过计算相关、绘制逐时负荷变化图找相似等方法,将用电负荷逐时变化具有相似特征的归为同一类型,共分为 5 种天气类型。

I. 降雨降温型:夜间到白天连续降雨,且降水过程中有冷空气影响,日降温幅度大于或等于 5°C ,一般为大范围强降水过程。

II. 午后降雨型:降雨出现在下午,且降水时间超过 3 小时,日降温幅度小于 5°C 。

III. 雨后升温型:降雨出现在夜间,且降水时间超过 3 小时,白天气温回升。

IV. 一般无雨型:无雨或有阵性降水但对气温影响不大,最低气温小于 26°C 。

V. 闷热无雨型:无雨或有阵性降水但对气温影响不大,处于副热带高压的外围或副高控制之下,最低气温大于或等于 26°C 。

各类天气型温度逐时变化平均状况如图 2。

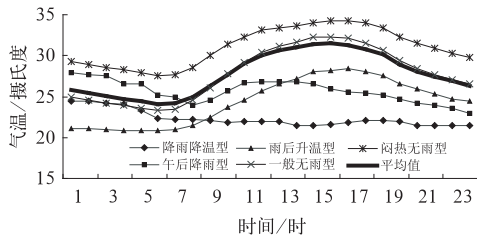


图 2 2005 年 6—8 月不同天气类型下气温的逐时变化图

图 2 显示,不同天气类型下气温的变化特征差别很大,特别是降雨降温型和午后降雨型,受降水影响,温度变化明显偏离平均状况。

3.2 分类计算逐时负荷与日平均负荷的比率

计算各样本逐时负荷与日平均负荷的比率,按上述 5 种天气类型分类,分别统计各类的平均比率。依据实况资料计算的比率能反映用电负荷逐时变化特征,相对于日平均负荷而言,同一天气类型的比率比较固定。统计结果如图 3。

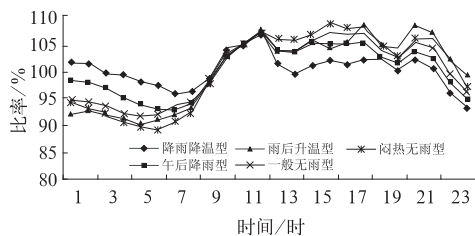


图 3 2005 年 6—8 月不同天气类型下逐时负荷与日平均负荷比率的日变化图

分析图 3 发现,不同天气类型下逐时负荷与日平均负荷比率的变化规律有一定差别,主要表现为两个方面:其一是用电负荷的日较差不同,降雨降温型最小,闷热无雨型最大。其二是白天用电负荷的变化特征不同。降雨降温型用电负荷 11 时最高,随后下降并维持低值,且起伏小;闷热无雨型 15 时最高,白天起伏较大;午后降雨型最高值出现在 11 时,下午持续下降,但总体水平较降雨降温型高;雨后升温型用电负荷日最高值出在 17 时和 20 时,这与其他各类显著不同;一般无雨型用电负荷日最高值出在 11 时,15 时、16 时、17 时也接近最高值。

3.3 逐时用电负荷预报

由于同一天气类型逐时负荷相对于日平均负荷的比率比较固定,所以在日平均用电负荷预报值和未来天气类型确定后,用日平均用电负荷预报值与该天气类型的逐时比率相乘便可得到逐时用电负荷预报的预报值。

4 2006 年试报

4.1 日平均用电负荷预报

用 2006 年 6 月 1 日—8 月 31 日的气象要素逐日预报值和实况值对以上讨论的预报方法进行了试报。结果夏季日平均用电负荷预报的绝对误差为 $45.4 \times 10^4 \text{ kW}$, 相对误差为 2.0% , 与 2005 年的回代效果相当。

日平均用电负荷预报值与实况值的对比曲线如图 4。

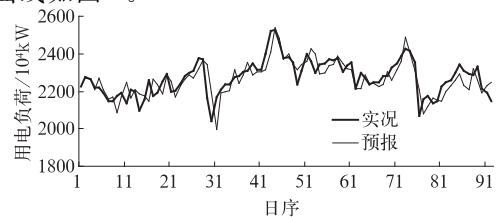


图 4 2006 年 6—8 月日平均用电负荷预报值与实况值的对比图

日序:从 6 月 1 日开始为 1,6 月 2 日开始为 2,……,以此类推

分析图 4 可见,2006 年预报值与实况值的变化趋势非常一致,总体偏差较小,而且对 6 月下旬到 7 月初、7 月中旬和 8 月份用电负荷起伏较大的几次变化过程均做出了准确预报,试用效果令人满意。与图 1 比较发现,试用效果与回代效果相近,未出现应用效果比回代效果明显变差的现象。

4.2 逐时用电负荷预报

在日平均用电负荷预报的基础上分型预报逐时用电负荷,结果逐时预报平均相对误差 2.9%,21 时和 23 时误差最大,为 3.4%,6 时最小,为 2.3%。11—16 时和 20—23 时预报误差超过 3%,其余时段小于 3%。预报结果表明,该预报方法可以投入业务应用,逐时负荷预报产品可作为指导电力生产的科学依据。

5 结 语

(1) 用电负荷与气象条件密切相关,选取相关较好的气象要素作为预报因子建立了日平均气象负荷回归方程,用计算气象负荷的变化量来预报用电负荷的方法,可以在不计算趋势负荷的情况下预报用电负荷,解决了趋势负荷难以确定的问题。经 2006 年验

证,日平均用电负荷预报效果稳定,误差较小,而且对用电负荷起伏较大的变化过程亦能做出准确预报。

(2) 分不同的天气类型计算了逐时用电负荷与日平均负荷的比率,日平均用电负荷预报值与该天气类型逐时比率的乘积即为逐时用电负荷的预报值。2006 年逐时负荷预报平均相对误差为 2.9%,说明该方法在专业气象服务中具有实际应用价值。

(3) 计算气象负荷的预报值时需要将温度、湿度、降水等气象要素的预报值代入方程,计算逐时负荷时需要进行天气分型,所以提高气象要素的预报准确率和准确进行天气分型是减小用电负荷预报误差的基础。

参考文献

- [1] 胡江林,陈正洪,洪斌,等. 华中电网日负荷与气象因子的关系[J]. 气象,2002,28(3):14-18.
- [2] 张立祥,陈力强,王明华. 城市供电量与气象条件的关系[J]. 气象,2000,26(7):27-31.
- [3] 邵远坤,晋冀蜀,游泳. 成都市气象要素对电力负荷的影响关系研究[J]. 四川气象,2003,23(4):56-58.
- [4] 张小玲,王迎春. 北京夏季用电量与气象条件的关系及预报[J]. 气象,2002,28(2):17-21.