

北京夏季用电量与气象条件的关系及预报^①

张小玲 王迎春

(北京市气象科学研究所, 北京 100089)

提 要

利用 1998 年和 1999 年北京市夏季逐日用电量和气象要素资料进行逐步回归建立统计关系, 分别给出了北京市夏季逐日用电量(最高、最低和平均耗电量)与气象条件的统计回归方程和预报方程。统计结果和回归曲线表明: 每天的实际用电量与天气条件有密切的关系, 尤其是对温度的变化最为敏感, 与相对湿度、风和日照时数、降水也有一定的相关性。

关键词: 用电量 气象条件 统计关系 预报

引 言

研究表明, 电力需求对气温变化特别敏感, 美国 40 年代就发现气温从 18 度开始, 每改变 2.8 度, 电力负荷变动 2%; 夏季由于空调设备急增, 供电量迅速提高, 通常午后 1~3 小时出现供电高峰, 而且随最高气温的大小而变化(日本北原的统计结果)^[1]。除温度外, 云量、日照时数、湿度、风、降水量等要素对供电需求也有一定的影响。英国 9 个电网控制中心, 每 6 小时收到一份有关对电力需求有影响的气温、湿度、风、云量和光照强度的预报, 还可接收 6~24 小时有关这些要素变化趋势的预报和 3~4 天的天气展望, 电力气象预报服务的收益/成本比可达 20:1 以上。严智雄等^[2]通过对南昌市供电局逐日实际负荷(电耗)资料和逐日气象要素资料的统计分析, 讨论了实际电耗对气候因子波动的响应, 得出实际负荷的波动与气温的波动基本一致。目前, 随着各种探测手段、计算机水平的提高, 天气预报方法和技术有明显改进, 其中, 数值预报方法及其预报能力越显突出,

在时空分辨率上实现定时、定量的预报和服务, 也为其它专业气象服务提供可靠的预报依据。因此, 研究电力消耗与气象要素之间的关系以及研究如何利用高分辨率数值预报产品对短期(36 小时以内)的供电量做出科学合理的预测, 具有重要的应用价值和实际意义, 将产生明显的经济效益。

1 北京市夏季用电量与气象要素的统计关系

所用资料是 1998 和 1999 年 6、7、8 月北京市逐日最大耗电量、最小耗电量和平均耗电量以及相应时间的实际气象资料和高分辨率中尺度数值天气预报产品。数值预报产品资料是以美国 PSU/NCAR 发展的非流体静力中尺度模式 MM5 为基础的业务运行模式输出产品。模式水平格点分辨率为 15km, 预报时效为 36 小时。预报产品出来后, 根据所考虑的因子, 整理出相应时段的气象要素。利用逐步回归原理分别对两种气象资料(实际值和预报值)和北京市的日耗电量进行统计和相关分析, 给出统计预报方程。另外由

^① 北京市自然科学基金资助项目: 8981001

于数值预报产品 1998 年 6 月和 1999 年 8 月的资料很少,在统计中没有考虑。为了方便,我们将所选气象因子列于表 1 和表 2。

表 1 所用实际气象要素及代码

代码	要素名称
X_1	当天实际最高温度
X_2	当天实际最低温度
X_3	24 小时平均温度
X_4	24 小时平均低云量
X_5	24 小时平均相对湿度
X_6	当天日照总量
X_7	24 小时平均风速
X_8	24 小时总降水量

表 2 所用数值预报产品及代码

代码	要素名称
Y_1	预报当天的最高温度
Y_2	预报当天的最低温度
Y_3	预报的 24 小时平均温度
Y_4	预报的 24 小时平均风速
Y_5	24 小时总降水量预报值
Y_6	预报的 24 小时平均相对湿度

利用表 1 和表 2 中的因子和实际耗电量得到的每月和夏季耗电量与气象要素的回归曲线如表 3 和表 4,其中, L_1 、 L_2 、 L_3 分别为最大耗电量、最小耗电量和平均耗电量。

表 3 实际气象要素-耗电回归方程

时段	回归方程	复相关系数
1998 年 6 月	$L_1 = 9.487 X_1 + 1.191 X_5 + 74.827$	0.834
	$L_2 = 3.376 X_2 - 1.379 X_4 + 0.255 X_5 + 160.34$	0.809
	$L_3 = 3.742 X_2 + 2.213 X_3 + 192.896$	0.780
1999 年 6 ~ 8 月	$L_1 = 5.866 X_1 + 8.596 X_2 - 17.773 X_7 + 130.417$	0.856
	$L_2 = 2.281 X_1 + 6.645 X_2 - 9.489 X_7 + 83.037$	0.829
	$L_3 = 5.085 X_1 + 7.597 X_2 - 14.729 X_7 + 93.396$	0.853

表 4 数值预报产品-耗电回归方程

时段	回归方程	复相关系数
1999 年 6 月	$L_1 = 8.478 Y_3 + 228.482$	0.820
	$L_2 = 3.341 Y_3 + 176.470$	0.777
	$L_3 = 6.817 Y_3 + 196.958$	0.779
1999 年 6 ~ 7 月	$L_1 = 12.554 Y_3 - 29.103 Y_4 + 0.811 Y_6 + 104.849$	0.891
	$L_2 = 7.224 Y_2 + 112.436$	0.824
	$L_3 = 10.938 Y_3 - 26.716 Y_4 + 0.735 Y_6 + 75.031$	0.890

2 统计结果分析

从回归方程可以看出在不同的时段耗电量与气象要素之间存在着不同的统计关系,而且是受很多气象要素的影响,其统计结果中的复相关系数基本在 0.8 左右。通过筛选因子后得出每天的实际气象资料和数值预报产品资料均与当天的耗电量有很好的相关性,这说明天气及气象要素的变化对实际耗电量有很大的影响。从耗电量对气象要素的敏感程度来看,不论是每天的最高耗电量、最低耗电量,还是平均耗电量的统计回归方程,都包含温度因子,也就是说耗电量对温度的变化最敏感。同时可以看出,用实际气象资料 and 实际耗电量得到的回归方程中,当天的最高气温和最低气温为主要的输入因子;用

数值预报结果时,主要输入因子为预报的平均温度和最低温度以及平均风速。从气候平均来看,与相对湿度、风的关系也比较大。例如 1999 年 6~8 月的统计方程中(表 3),最大、最小及平均耗电量均与每天的最高气温、最低气温和风有关,其中最高气温、最低气温越高,耗电量越大,而与风速是成反比的,即夏季风的增大有利于通风散热而降低负荷。1998 年 6~8 月的统计结果表明,最大用电量与日平均温度和湿度的关系最大,最小用电量受最低温度和风的影响,平均用电量与最低温度、风和日照时数有关(回归方程略)。用数值预报产品统计出的耗电量预报方程则反映出:每天的耗电量与预报的 24 小时平均温度的关系最密切,其次是预报的最

低温度、24 小时平均风速和平均相对湿度(如表 4 中 1999 年 6~7 月的回归方程所示)。

图 1 是利用 1999 年 6~7 月逐日实际用电量和数值预报产品得到的耗电量拟合曲线并与实际耗电量比较(最大、最小和平均用电量,其中,“拟合值”为由数值预报产品得到的值)。由图可以看出,无论是一个月的逐日变化(图略)还是夏季耗电量的时间变化曲线,用回归方程所得到的拟合值和实际值有比较一致的变化趋势,对耗电峰值和谷值的反映较清楚,对于 1999 年 7 月下旬持续高温天气下耗电量的不断增加也有很好的描述。应该指出的是用实际气象资料得到的用电量拟合曲线与实际变化曲线有更好的一致性,即实际的天气条件的确影响着每天的耗电量。通过统计分析和曲线拟合说明业务运行

的高分辨率中尺度数值预报模式对短期或短时的天气变化和气象要素有一定的预报能力,预报产品与用电量之间有一定的相关性,因此,可以利用高分辨率的数值预报产品对日用电量进行预报,从而对电力部门提供电力气象预报服务。

3 预报效果分析

利用上述数值预报产品耗电统计的 1999 年 6~7 月回归方程对 2000 年 6~7 月北京市的供电量进行预报。数值预报产品来自每天实时运行的中尺度数值预报结果,根据回归方程要求的要素,挑选出相应的预报因子,进行用电量的预报。但是,直接利用回归方程预报的最大、最小、平均供电量均比实际供电量低。通过 1998 年、1999 年和 2000 年的夏季(6~7 月)逐日实际用电量比较发现,这三年夏季平均用电量呈逐年上升的趋势,而且用电量的峰值越来越高。其中,1998 年夏季峰值为 $484 \times 10^4 \text{ kW}$,出现在 8 月 6 日,当日的最小用电量为 $276 \times 10^4 \text{ kW}$,峰值和谷值差额为 $208 \times 10^4 \text{ kW}$;1999 年 7 月 30 日北京市出现供电量高峰值为 $602 \times 10^4 \text{ kW}$,其谷值为 $383 \times 10^4 \text{ kW}$,峰谷差为 $219 \times 10^4 \text{ kW}$,而且连续三天出现了用电量峰值达 $600 \times 10^4 \text{ kW}$ 记录(见图 1);2000 年比 1999 年实际用电量又有明显的增加,最高用电量在 2000 年 7 月 27 日达到了 $672 \times 10^4 \text{ kW}$,该日的用电量谷值为 $386 \times 10^4 \text{ kW}$,其峰谷差为 $282 \times 10^4 \text{ kW}$,并且在 7 月份有 13 天最大用电量都在 $600 \times 10^4 \text{ kW}$ 以上。这反映了大城市的快速发展和经济建设步伐的明显加快,人民生活水平的不断提高,各种用电设施有所增加,使得实际用电量大大增加。然而,在相同时段内实际气象要素不可能出现非常大的变化,因此,在保持供电量与气象要素相关系数不变的情况下,我们适当调整了利用 1999 年夏季资料所得到的回归方程中的常数项值。调整结果见表 5。

根据表 5 中的预报方程得出的预报曲线见图 2,可以看出,经过订正后的预报方程,

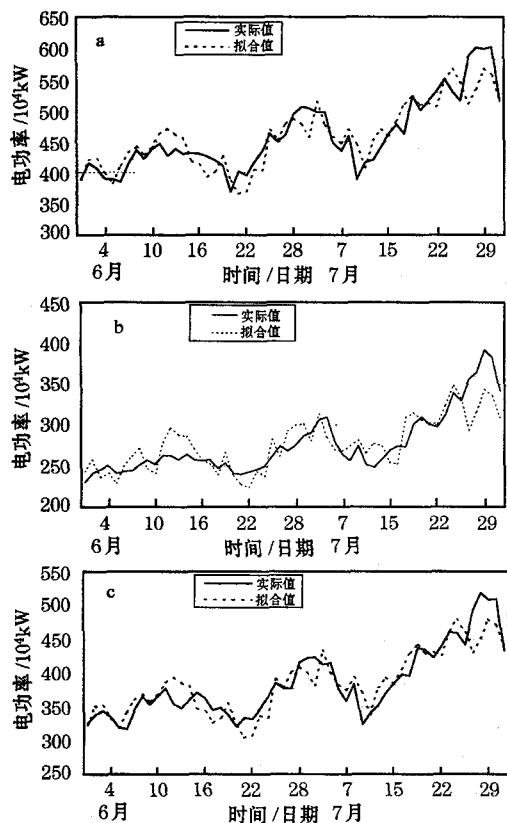


图 1 1999 年 6~7 月北京市逐日用电量变化曲线
a: 最大用电量, b: 最小用电量, c: 平均用电量

利用高分辨的数值预报产品对北京市 2000 年 7 月的每日最大、最小和平均供电量能做出较好的预报,预报的供电峰值和谷值及其逐日变化曲线与实况基本一致。最小用电量预报方程中只有预报的最低温度为预报因子,但是只用这一因子所做出的最小用电量的预报结果还是可观的,很好地预报和反映出了最小用电量的逐日变化。2000 年 7 月 13~14 日北京出现了 38℃ 以上的高温天气,

表 5 数值预报产品-耗电回归方程

时段	预报方程
2000 年 6 月	$L_1 = 12.554 Y_3 - 29.103 Y_4 + 0.811 Y_6 + 154.849$
	$L_2 = 7.224 Y_2 + 130.436$
	$L_3 = 10.938 Y_3 - 26.716 Y_4 + 0.735 Y_6 + 105.031$
2000 年 7 月	$L_1 = 12.554 Y_3 - 29.103 Y_4 + 0.811 Y_6 + 194.849$
	$L_2 = 7.224 Y_2 + 155.436$
	$L_3 = 10.938 Y_3 - 26.716 Y_4 + 0.735 Y_6 + 145.031$

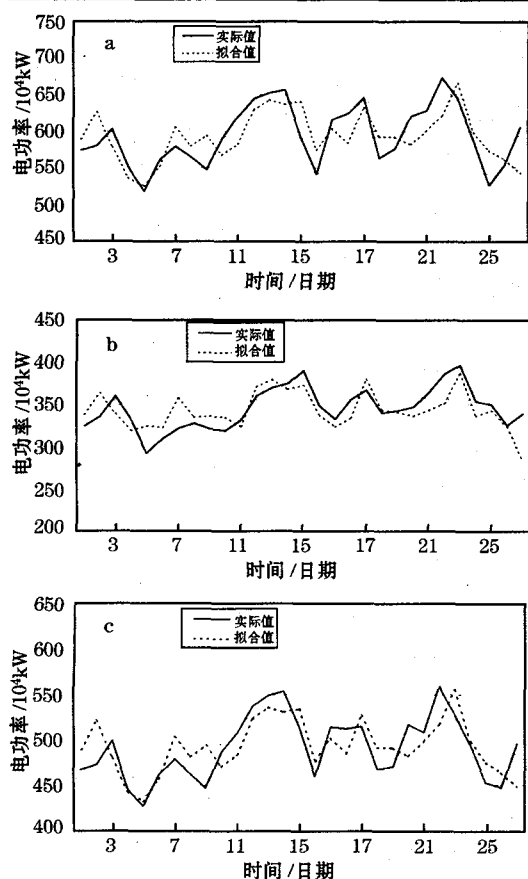


图 2 2000 年 7 月北京市逐日用电量变化曲线
a: 最大用电量, b: 最小用电量, c: 平均用电量

根据资料这两天北京市的实际最大用电量达到了 $650 \times 10^4 \text{ kW}$, 预报值为 $640 \times 10^4 \text{ kW}$, 预报误差在 $20 \times 10^4 \text{ kW}$ 之内, 这期间的最小用电量的预报误差也很小; 对于转折性天气, 只要中尺度模式对气象要素的变化预报较准确, 那么对供电需求量也会有很好的预报。因此, 利用高分辨的数值预报产品对北京市的供电量进行预报, 为供电部门提供及时必要的参考, 从而对电的供给与需求进行合理科学的调配与管理, 减少浪费, 增强社会经济效益。

由于资料有限, 仅做了夏季供电统计与预报, 如果能得到较长时间的供电数据和气象资料, 则可得不同季节的供电与气象条件的统计关系。另外, 随着数值预报准确率进一步提高, 通过电力部门和气象部门的密切合作, 则可利用高分辨的数值预报产品给出每 1 小时、每 3 小时或每 6 小时的电力需求预报, 为电力调度提供参考, 尽可能减少能源损耗, 而且可以利用类似的方法在其它行业开展专业气象预报与服务。

4 总结与讨论

(1) 利用实际气象资料和数值预报产品给出的回归方程说明不同时段耗电量与气象要素之间存在着不同的统计关系, 每天的最大、最小及平均耗电量与气象要素之间有很好的相关性, 反映出某一地区的耗电量在短时间内受天气变化和气象条件的影响很大。

(2) 耗电量对不同气象要素的响应是不同的, 其中, 对温度的变化最敏感, 其次是风速、相对湿度、降水, 与天空状况、云量及日照时数也有一定的关系。

(3) 经过订正后的预报方程, 利用高分辨的数值预报产品对北京市的每日最大、最小和平均耗电量做出了较好的预报, 每天的预报值与实际耗电量有一致的变化趋势。

参考文献

- 1 章澄昌. 产业工程气象学. 北京: 气象出版社, 1997.
- 2 严智雄, 陈以洁. 气候对南昌市电量需求的影响分析. 气象, 1994, 20(2): 44~46.

Relationship between Power Consumption and Meteorological Conditions during the Summer in Beijing City and Its Forecast

Zhang Xiaoling Wang Yingchun

(Beijing Institute of Meteorological Sciences, Beijing 100089)

Abstract

A statistical relationship between daily electricity depletion and meteorological elements in Beijing city is established by using the real power consumption data and meteorology data during the Summer of 1998 and 1999. Statistical and forecasting equations of daily power consumption including the maximum, the minimum and the average value are achieved, respectively. The results show that the power consumption had a very close relationship to the weather condition, especially it is very sensitive to the temperature, and then to the relative humidity, wind, sunshine duration and as well as the precipitation.

Key Words: power consumption meteorological condition statistic relationship forecasting