

杨静, 陈冬梅, 周庆亮, 等. T213 预报产品在电力负荷预测中的应用[J]. 气象, 2010, 36(3): 123-127.

T213 预报产品在电力负荷预测中的应用^{*}

杨 静¹ 陈冬梅¹ 周庆亮² 郝 毅³ 江 波³

1 新疆气象科技服务中心, 乌鲁木齐 830002

2 国家气象中心, 北京 100081

3 准东电业局, 昌吉 831500

提 要: 用 2005—2006 年 4—9 月准东电网负荷资料和 T213 预报产品资料, 建立日平均有效时间序列数据, 对电力负荷与 T213 主要预报因子的相关性进行了分析, 筛选出影响该地区负荷变化的重要预报因子为 700 hPa 水汽通量、850 hPa 水汽通量和降水量, 建立日平均电力负荷变化的预报方程。对 2007 年进行试报, 负荷变化趋势与实际一致, 但对负荷发生明显波动的预报有时出现偏差, 原因是 T213 对降雨天气预报有误差所致。提出改进方案, 采用模式与预报员经验相结合, 从气象观测要素中再筛选出新的降雨因子, 与 T213 重要预报因子重建预报方程, 再次试报结果更接近实况。对 2007 年 4—9 月预报误差进行分析得到, 计划负荷平均误差为 11.5%, T213 建模平均误差为 8.2%, 通过改进后重新建模的平均误差为 6.4%。在降雨天气条件下, 计划负荷误差 22.3%, T213 建模误差 13.4%, 而改进后的预测误差降低到 8.9%。

关键词: 电力负荷, T213 预报产品, 负荷变化预测, 误差分析

The Forecast Products of T213 Used in Power Load Forecast

YANG Jing¹ CHEN Dongmei¹ ZHOU Qingliang² HAO Yi³ JIANG Bo³

1 Xinjiang Meteorological & Scientific and Technological Service Center, Urumqi 830002

2 National Meteorological Center, Beijing 100081

3 Zhundong Power Supply Bureau, Changji 831500

Abstract: Based on Zhundong's power load information and the forecast products of T213 from April to September in 2005—2006, the effective time-series data of daily average are established. Correlations of power load and T213 main forecast factors are analyzed. 700 hPa water vapor-flux, 850 hPa water vapor-flux and precipitation are selected as those important forecast factors, and forecast equation of daily average power load variation is obtained. Testing forecast to year 2007, power load change tendency is consistent with reality, but there are some forecast errors sometimes when load makes fluctuate evidently. The reason is that T213 makes mistakes for forecasting rain weather. An improving scheme is combining T213 model with weather forecaster experience. The forecast equation is rebuilt by using T213 important forecast factors and new precipitation factors which are selected from weather observation elements. The forecast result is more accurate. After analyzing forecast errors from April to September in 2007, the conclusion is that the planned power load's average error is 11.5%, T213 model's is 8.2%, and the optimizing model's is 6.4%. In rain days, the planned power load's error is 22.3%, T213 model's is 13.4%, and the optimizing model's error is reduced to 8.9%.

Key words: power load, forecast products of T213, load change forecast, error analysis

* 新疆气象局科研课题(200810)资助

2008年10月15日收稿; 2009年8月16日收修定稿

第一作者: 杨静, 主要从事气象服务工作. Email: ftm5010@sina.com

引言

对于地区电网而言,预测未来 24 小时的负荷电量是每天的日常工作,但如何提高预测准确率却是不容易做到的。有大量的研究表明,电力负荷与气象要素关系较为密切,特别是城市用电和农业用电与天气和气候变化的关系更为密切^[1-7]。如气温常是城市用电的重要影响因子,而降雨量、空气湿度在农业用电中成为敏感因子^[5-7]。国内不少研究人员利用气象要素建立回归方程进行电力负荷预测^[8-9],而用 T213 数值天气预报模式输出产品来预测电力负荷的变化,还未查到有关方面的文献。有国外研究表明,使用预报模式输出产品可以更好地表征用电量的变化,特别重要的影响因子不是从气象观测值中提取,而是从数值天气预报模式产品中提取。

1 资料的选取

选取 2005—2007 年准东电网每 15 分钟的电力负荷实时数据和 2007 年的计划负荷数据(每天上报的未来 24 小时预测负荷),将电力负荷资料中限电、跳闸及检修等特殊情况资料逐一剔除。同时选取当地 2005—2007 年 T213 的全部预报产品资料。经过对当地天气预报的经验和研究,初步选取 T213 每 6 小时输出的以下主要预报产品:500 hPa 高度、温度、风向风速,700 hPa 相对湿度、水汽通量,850 hPa 温度、相对湿度、水汽通量、风向风速,925 hPa 温度、相对湿度、风向风速,地面的气压和每 3 小时输出的降水量等共 14 个预报因子。

需要说明的是,准东电业局主管新疆米泉、阜康、奇台、吉木萨尔、木垒五县供电,其中 70% 为农业用电,30% 为城市、工业用电。每年 4 月中旬,随着农事活动的开展,负荷开始明显增大,到 9 月随着农事活动的结束,负荷明显下降。10 月到翌年 3

月,主要为城市和工业负荷,变化平缓,比较好预测。尽管电业局与当地气象局签定了天气预报合同,电业局在考虑天气变化的情况下做出下一日的计划负荷,但 4—9 月这段时间的预测一直存在较大的误差,成为电业局的工作难点。本文利用 T213 预报产品,主要对 4—9 月的电力负荷波动的预测方法进行试验研究。

2 重要预报因子的筛选

2.1 有效时间序列数据的建立

将 2005—2006 年 4—9 月每日 15 分钟的负荷数据求平均,得到每日的日平均负荷时间序列数据,对应 T213 未来 24 小时的同一时间序列的上述 14 个预报因子的日平均值。其中降水量因子为未来 24 小时中每 3 小时的降水日合计值,其他 13 个因子的日平均值为未来 24 小时中每 6 小时的预报值求平均后得到。再将当日数据与前一日数据相减,以得到日平均电力负荷的 24 小时变化值和气象因子的 24 小时变化值的时间序列数据。

这样做的目的是,只需要研究和预测由天气变化带来的负荷日变化量。电业局可根据前一日的负荷,和未来负荷的日变化量,加上其他影响因素,进行下一日负荷的综合预测。不需要将实时负荷数据提供给气象局,满足了行业用户提出的资料保密性的要求。

2.2 负荷与气象预报因子的相关分析

由表 1 可以看到,除地面气压差和 500 hPa 温度差与负荷差的相关性较差,没有通过 0.001 显著性水平检验外,其他因子与电力负荷的差值变化存在较好的相关性,说明用 T213 预报产品进行电力负荷的预测是可行的。

表 1 电力负荷与气象预报因子的差值相关系数

Table 1 Variation correlative coefficients between power load and forecast factors

500 hPa 高度差	500 hPa 温度差	850 hPa 温度差	925 hPa 高度差	700 hPa 湿度差	850 hPa 湿度差	925 hPa 湿度差	700 hPa 水汽差	850 hPa 水汽差	地面 气压差	500 hPa 风速差	850 hPa 风速差	925 hPa 风速差	降雨量 日合计
0.4118	0.0417	0.5545	0.5672	-0.5728	-0.5922	-0.5752	-0.6097	-0.6481	-0.1661	-0.3512	-0.5260	-0.4320	-0.5378

2.3 重要预报因子的确定

采用逐步回归方程,对通过相关性检验的因子逐一进行筛选,最后确定了 700 hPa 水汽通量、850 hPa 水汽通量、降水量 3 个因子为该地区的重要气象预报因子,其中 700 hPa 水汽通量差值和 850 hPa 水汽通量差值分别以 X_1 、 X_2 表示,降水量以 X_3 表示,建立了日平均电力负荷变化的预报方程,其复相关系数为 0.7720。

$$Y = 3.3 - 0.34X_1 - 0.42X_2 - 2.29X_3 \quad (1)$$

3 模式对电力负荷变化的预测能力检验

图 1 给出了用预报方程(1)即 T213 重要因子

建模,得到的对 2006 年 5—7 月准东电网负荷波动的模拟与实况的对比。可以看到负荷波动的模拟与实况变化是比较一致的。表 2 是负荷波动前 5 位的实况和模拟值以及当天降雨量实况和 T213 预报降雨量的对比分析情况,可以看到负荷波动与实际变化方向完全一致,但模拟值与实况存在一些偏差。分析主要原因,一方面是 T213 对降雨天气的预测存在一定的误差,另一方面说明负荷波动存在不确定的因素,并非完全依赖于气象要素的变化。但图 1 的模拟效果已经让我们对 T213 模式在负荷预测中的应用树立了信心。

图 2 是预报方程(1)对准东电网 2007 年 5—7 月电力负荷波动进行试报的情况,由图 2 可以看到,负荷波动变化的趋势预测与实际较吻合,但有几天实际负荷出现明显波动,而模式并没有预测准确。如 5 月 13 日、5 月 22 日、7 月 15 日。对预测出现明

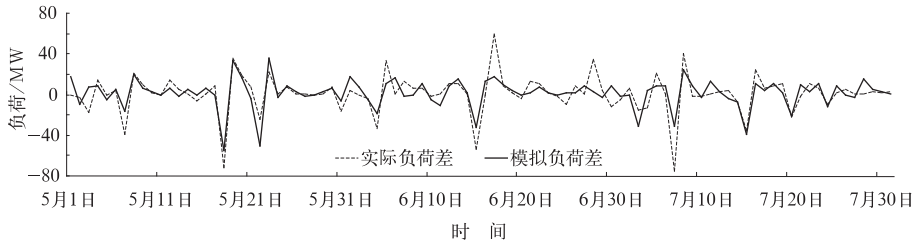


图 1 2006 年 5—7 月准东电网负荷波动的模拟和实况对比
Fig. 1 Contrast of Zhundong's power load fluctuation simulation and reality value from May to July in 2006

表 2 2006 年 5—7 月准东电网负荷波动前 5 位的实况、模拟值和降雨量的对比分析
Table 2 Top 5 contrast analysis of Zhundong's power load fluctuation reality value, simulation and precipitation from May to July in 2006

时间	实际负荷波动/MW	模拟负荷波动/MW	T213 预测降雨量/mm	实况降雨量/mm
7 月 7—8 日	-76→40	-32→25	3.3;0	5.3;0
5 月 18—19 日	-72→36	-55→33	7.6;0.4	11.2;0.5
6 月 15—17 日	-54→0→60	-33→13→18	4.5;0;0	2.6;3.8;0
5 月 7—8 日	-39→21	-17→20	4;0	2.2;0
7 月 15—16 日	-36→24	-39→11	19.5;0	1.6;0

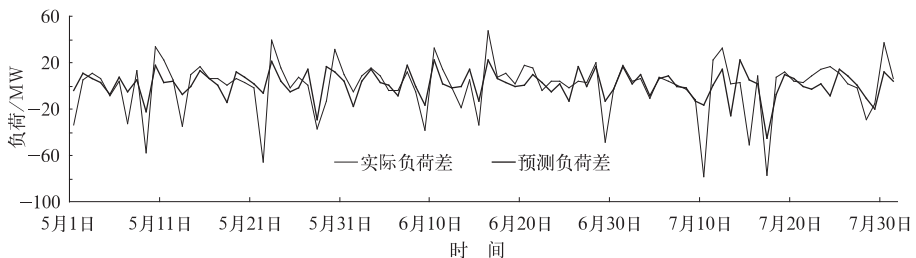


图 2 2007 年 5—7 月准东电网负荷波动的预测和实况对比
Fig. 2 Contrast of Zhundong's power load fluctuation forecast and reality value from May to July in 2007

显偏差的这几天,我们反查了 T213 的天气预报准确程度,发现 T213 数值预报模式与实际天气出现很大误差,特别是把中度或中强以上的强降雨天气,预报成弱降雨天气,导致负荷波动预测出现偏差。

4 预报方程的改进方案

通过 T213 重要预报因子的筛选,得到影响准东电业局管辖地区负荷变化的因子主要与降雨天气

有密切关系,而 T213 数值天气预报模式在降雨的准确率上还存在一定的误差。采用模式与预报员经验相结合,会使降雨的准确率有所提高。因此,我们又从实际 5 县的地面气象观测要素中,再次筛选影响因子,最后确定了奇台县降雨量为显著影响因子。

考虑到预报员在降雨预报时,只是进行雨的量级预报,因此按照正常的预报习惯,并参照新疆 24 h 降水量等级标准,对奇台县的降雨具体定义如下指示码,详见表 3。

表 3 降雨量级预指示码

Table 3 The indicator code of precipitation order of magnitude

雨的级别	无降水	微雨	微到小雨	小雨	小到中雨	中雨	中到大雨	大雨	大到暴雨	暴雨
雨量范围/mm	0	<0.3	0.3~0.9	1~6	4.5~9	6.1~12	9.1~18	12.1~24	18.1~36	24.1~48
指示码	0	1	5	10	15	20	25	30	40	50

将奇台降雨量级因子(X_1)与预报方程(1)中 3 个重要预报因子 700 hPa 水汽通量差值(X_1)、850 hPa 水汽通量差值(X_2)、降水量(X_3),重新建立新的预报方程,复相关系数提高到 0.8300。

$$Y = 4.77 - 0.2X_1 - 0.42X_2 - 1.64X_3 - 3.665X_4 \quad (2)$$

图 3 是利用预报方程(2)即改进后重新建模,对

2007 年 5—7 月准东电网负荷波动的再预测。可以看到比图 2 预测准确率有了较明显的提高,特别是负荷波动明显的几天都预测得比较准确。如 2007 年 5 月 9 日,实际负荷下降 57.3 MW,改进前预测下降 22.7 MW,而改进后的预测值为下降 50.2 MW,已大大接近实际的变化。

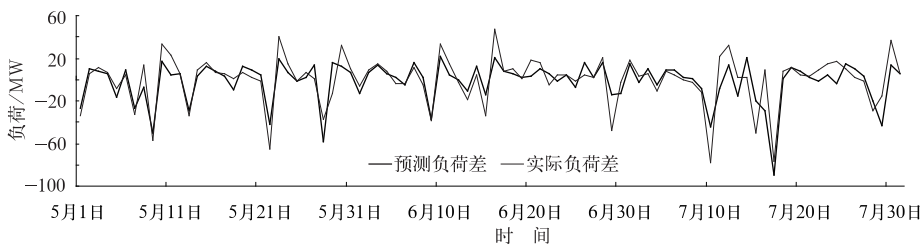


图 3 2007 年 5—7 月准东电网负荷波动的再预测和实况对比

Fig. 3 Contrast of Zhundong's power load fluctuation reforecast and reality value from May to July in 2007

5 各模式负荷预测的误差分析

表 4 是各模式对准东电网 2007 年 4—9 月试报的逐月误差分析。计划负荷是准东电业局每天需上报的未来 24 小时准东电网负荷预测值,据电力工作人员介绍,这是在参考了当地天气预报的情况下的计划负荷,比过去预报准确率(即没有参照当地天气预报时)已有些提高。由表 4 可以看出,用 T213 重

要预报因子建模对 2007 年 4—9 月预测误差,比计划负荷误差低,说明利用 T213 预报产品来制作电力负荷预测是完全可行的,且有利于实现业务化。

通过改进后重新建模将准确率再次提高,特别是在 4—8 月农忙时节,误差比过去减少了 50% 以上。对于 9 月模式预测的并不理想,发现农事活动进入结束期,农业用电明显减少,负荷波动日趋平缓。9 月天气多为秋高气爽的好天气,降雨日数大大减少。

表4 各模式对准东电网2007年4—9月负荷预测的误差分析

Table 4 Error analysis of Zhundong's power load forecast by various models from April to September in 2007

月份	4	5	6	7	8	9	平均	有降水日	无降水日
计划负荷的相对误差绝对值/%	7.7	15.7	7.1	15.6	15.0	4.1	11.5	22.3	4.8
T213 建模的相对误差绝对值/%	4.6	11.2	5.4	9.1	9.7	7.4	8.2	13.4	4.8
改进后重新建模的相对误差绝对值/%	3.7	7.4	4.2	7.9	6.0	7.4	6.4	8.9	4.8

降雨天气条件下,计划负荷误差为 22.3%, T213 建模误差为 13.4%,通过改进后重新建模的预测误差降低到 8.9%,可见采用改进后的模式,可大大提高电力负荷预报准确率。

6 结 语

(1) 从 T213 预报产品中筛选出该地区的重要预报因子,分别是 700 hPa 水汽通量、850 hPa 水汽通量和降水量。

(2) 用 T213 重要预报因子建模,模拟效果较好,对准东电网 2007 年 4—9 月进行试报,发现波动变化趋势预测较好。由于 T213 对降雨预报存在误差,使得几次负荷明显波动的预测存在偏差。

(3) 提出预报方程的改进方案。从实际气象观测要素中,提取奇台降雨因子,采用 T213 预报产品与预报员经验相结合,增加奇台预报量级因子,重新建模,预测效果有了进一步提高。

(4) 通过误差分析得到,用 T213 建模对 2007 年 4—9 月准东电网负荷预测的误差,比计划负荷的误差低,说明利用 T213 预报产品来制作电力负荷预测是完全可行的,且有利于实现业务化。

(5) 通过改进重新建模使得误差进一步缩小。

特别是降雨天气条件下,预测误差由原来的 22.3% 降低到 8.9%,大大提高了预报准确率。因此采用 T213 预报产品,结合预报员经验,可为电力行业提供短期电力负荷预测,甚至可以提供未来 3~5 天的负荷趋势预测,实现为专业用户提供指导性的专项服务产品。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 张梅,陈玉光,韩家福,等.辽沈地区 6—8 月耗电量与气象条件关系及预报[J].气象与环境学报,2006,22(2):62-64.
- [4] 王军,王辛方,孙仲毅,等.电力负荷与气象要素相关分析[J].河南气象,2005,(1):35-36.
- [5] 陈正洪,洪斌.华中电网四省日用电量与气温关系的评估[J].地理学报,2000,55(增刊):34-38.
- [6] 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.
- [7] 杨静,郝毅,陈冬梅,等.新疆农业区电力负荷与天气的关系[J].气象,2009,35(1):114-118.
- [8] 臧传花,赵敏芬,卢兆民.基于天气分型的夏季逐时用电负荷预报[J].气象,2007,33(11):107-110.
- [9] 罗森波,纪忠萍,马煜华,等.2002—2004 年广东电力负荷的变化特征及预测[J].热带气象学报,2007,23(2):153-154.