

电力负荷预测方法的分析与比较

北京地区 CPDA 数据分析师 马杰 张茂

ANALYSIS AND COMPARISON OF POWER LOAD FORECASTING METHODS

Ma Jie Zhang Mao

摘要: 提高短期电力负荷预测精度,是保障电力系统优化决策科学性的重要手段。本文提出了灰色理论与季节指数结合模型及改进的 ARIMA 模型对我国南方某省夏季工作日和休息日两种类型的电力负荷进行预测分析。过 MATLAB 和 SPSS 软件实现预测,分别从平均相对误差、负荷预测的误差率及负荷预测的准确率,进行了比较分析并给出结论,对于工作日预测,灰色理论与季节指数结合预测模型比灰色理论模型准确;对于休息日的预测,改进的 ARIMA 模型较 ARIMA 模型准确。

关键词: 短期负荷预测 灰色理论与季节指数结合 改进的 ARIMA 模型

ABSTRACT: The improvement of accuracy of short-term load forecasting is an important method to ensure the scientific decision of power system optimization. In this paper, four kinds of forecasting methods, such as gray theory, gray theory and seasonal index combination model, ARIMA model and improved ARIMA model, are used to forecast the two types of power load in summer working day and rest day in southern China. To achieve the forecast, the four methods are compared and analyzed from the average relative error, the error rate of load forecasting and the accuracy rate of load forecasting through MATLAB and SPSS. For the forecast of the rest day, the gray theoretical prediction model and the improved ARIMA model are recommended, but for the forecast of the working day, gray theory and seasonal index combination model are recommended.

Key words: short-term power load forecasting gray theory and seasonal index combination model ARIMA model improved ARIMA model

0 引言

历经数十年的研究,国内外的许多专家、学者在预测理论和方法方面做了大量的研究工作,大量技术不断引入短期负荷预测工作中,并取得了显著成果。但随着负荷受外部因素影响规律的日益复杂化,新技术不断涌现,短期负荷预测方法仍是电力系统工作者的研究热点^[1]。Benaouda D,Murtagh F,Starck J L,etal(2006)提出分别对不同行业的用电负荷进行建模和预测;李明,王智灵,杨晓宇(2006)提出了负荷天气突变修正策略,增强了负荷预测模型对天气突变等因素的适应能力;Yun Z,Quan Z,Caixin S,etal(2008)考虑实时电价变化对基于日特征气象因素的短期负荷预测结果进行修正,解决了实时电价对负荷特性的影响;刘旭,罗滇生,

姚建刚(2009)通过分析气象敏感负荷与实时天气因素的关系,搭建了基于实时气象因素的短期负荷预测模型;祝燕萍,方鸽飞(2012)以人体舒适度作为气象因子的处理模型,分析了多种气象因素综合作用对电力负荷的影响;李小燕,文福拴,卢恩(2013)分析了台风期间的气象因子与系统负荷之间的相关性。

本课题的研究目的是通过了解时间序列分析、灰色预测理论等基本知识,建立多种预测模型,利用这些预测模型对电力负荷进行预测分析。从工作日和休息日两个角度出发,研究提高负荷预测精度的方法。

1 灰色理论与季节指数结合模型

GM(1,1)模型应用于短期电力负荷预测时,预测结果中只有部分比较准确,具有借鉴意义,因此该方法比较适用于中长期电力负荷预测。本文提出改进模型,考虑到电力负荷预测既有一定的增长趋势又受一定季节因素的影响,采用季节指数对其进行改进。在不考虑长期趋势的影响下,采用按季平均法,即以历年的各季(月)简单算术平均数同全时期季(月)平均数相比而求得季节指数,建立灰色理论与季节指数结合模型,再对所求电力负荷进行预测。

灰色理论预测模型根据历史数据进行预测并可作出灰色检验,有一定的精确性;而季节预测模型则考虑了经济发展以及季节因素的影响^[2]。为了将两个各有利弊的模型有机地结合起来,引入最优组合模型灰色理论与季节指数结合模型进行预测(见图 1.1)。

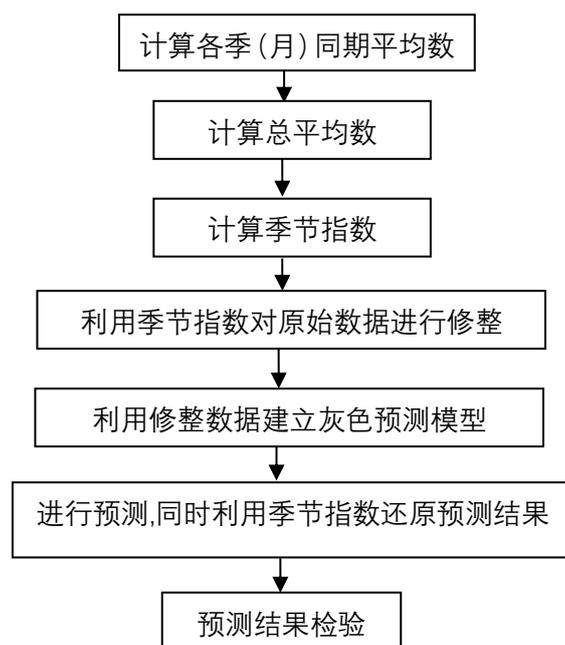


图 1.1 灰色理论与季节指数模型具体思路

利用季节指数法考虑季节变化的思路,本文提出了基于季节指数和灰色预测的预测模型。电力系统电量的季节性可以通过季节指数的方法进行修正,在调整的基础上利用灰色预测模型建模^[3]。具体思路如下:

(1) 计算季节指数:将历年各季或各月的历史资料列表,计算同期平均数,再将各期平均数相加除以项数计算总平均数;最后将各期平均数与总平均数相除计算季节指数。

(2) 利用季节指数对原始数据进行修正:将各季或各月的原始数据除以相对应的季节指数,得修正数据。

(3) 利用灰色理论预测模型建模:利用修正后的数据采用灰色预测建模方法建立灰色理论预测模型。

(4) 利用季节指数对预测数据进行还原,将预测值乘以季节指数以还原预测数据。分析预测结果及预测精度。

2 改进的 ARIMA 模型

由于 $ARIMA(p, d, q)$ 模型未考虑各种气象因素对电力负荷的影响,因此在自回归移动平均模型的基础上我们提出改进的 $ARIMA(p, d, q)$ 模型,即加入气象因素。通过相关分析得到的影响电力负荷预测的主要天气因素作为自变量,因变量分别为不同日期同一时刻所对应的电力负荷。建立带有 ARIMA 误差的回归模型,数学表达式为

$$y_t = X_{t-b}\beta + N_t \quad (2-1)$$

其中, X 为输入序列或解释变量序列, b 为滞后参数, β 为回归系数或回归系数向量, N_t 为系统噪声^[4]。

通过 SPSS 相关性分析,将最高温度 x_1 、最低温度 x_2 、平均温度 x_3 、相对湿度 x_4 作为自变量,因变量分别为不同日期同一时刻所对应的电力负荷,即建立带 $ARIMA(p, d, q)$ 误差的回归模型。

3 负荷预测误差模型

为验证预测方法的有效性和精确性以及预测效果,本文选取平均相对误差 $\bar{\varepsilon}$ 、负荷预测误差率 η_c 和负荷预测准确率 η , 作为评判各预测方法的预测效果指标。

分别定义如下：

$$\bar{\varepsilon} = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T \left| \frac{y(t) - \hat{y}(t)}{y(t)} \right| \quad (3-1)$$

$$\eta_c = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^T \left(\frac{y(t) - \hat{y}(t)}{y(t)} \right)^2} \times 100\% \quad (3-2)$$

$$\eta = \left(1 - \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^T \left(\frac{y(t) - \hat{y}(t)}{y(t)} \right)^2} \right) \times 100\% \quad (3-3)$$

4 实证分析

本文以我国南方某省的实际电力负荷数据（每 1 小时一个采样点，每日 24 点，量纲为 MW）以及气象因素数据（日最高温度、日最低温度、日平均温度、日相对湿度以及日降雨量）为例，进行短期负荷预测方法的研究，来验证上文所提电力负荷预测方法的有效性和准确性。本文以该省 2012 年 06 月 01 日至 2012 年 07 月 31 日，2013 年 06 月 01 日至 2013 年 07 月 31 日和 2014 年 06 月 01 日至 2014 年 07 月 31 日，每日 24 个真实负荷监测数据、实时气象数据为基础，应用本文所提方法分别对工作和休息日构建短期负荷预测模型，对该地区进行短期负荷预测与误差分析，并从预测效果与优势对预测方法进行分析比较。

4.1 工作日预测

通过 SPSS 软件和 MATLAB 软件，用灰色理论，灰色理论与季节指数结合模型，ARIMA 模型以及改进的 ARIMA 模型四种方法进行预测，得到预测结果见图 4.1。

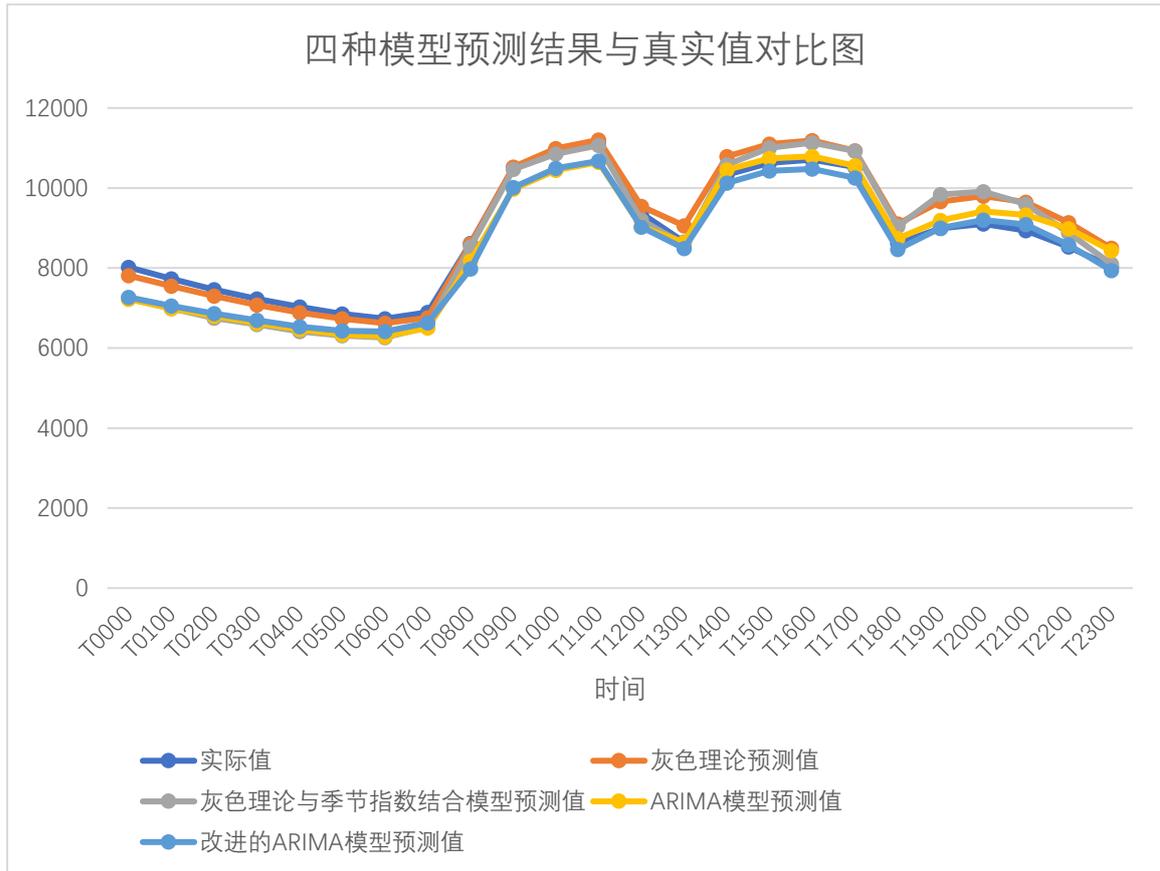


图 4.1 四种模型预测结果对比图

从图中可以看出灰色理论与季节指数结合模型得到的预测结果与真实值较接近。对于工作日的预测，如表 4-1 所示为工作日负荷预测精度结果对比，通过对比可知，灰色理论与季节指数结合模型预测误差最小，准确率最高，这是由于该模型考虑了季节因素的影响，相比于灰色理论模型，其预测精度提高了 6.747%。改进的 ARIMA 模型考虑了气象因素的影响，相比未改进的 ARIMA 模型，其预测精度提高了 0.711%。

表 4-1 工作日负荷预测精度对比

误差评价指标	灰色理论预测模型	灰色理论与季节指数结合模型	ARIMA 模型	改进的 ARIMA 模型
平均相对误差 $\bar{\varepsilon}$	0.077188856	0.009720634	0.058079902	0.054187026
负荷预测误差率 η_c	7.742%	1.179%	6.930%	6.219%
负荷预测准确率 η	92.258%	98.821%	93.070%	93.781%

综上，在实际预测中，优先推荐灰色理论与季节指数结合模型预测，如果给出气象因素也可考虑改进的 ARIMA 模型。

4.2 休息日预测

通过 SPSS 软件和 MATLAB 软件，用灰色理论，灰色理论与季节指数结合模型，ARIMA 模型以及改进的 ARIMA 模型四种方法进行预测，得到预测结果见图 4.2。

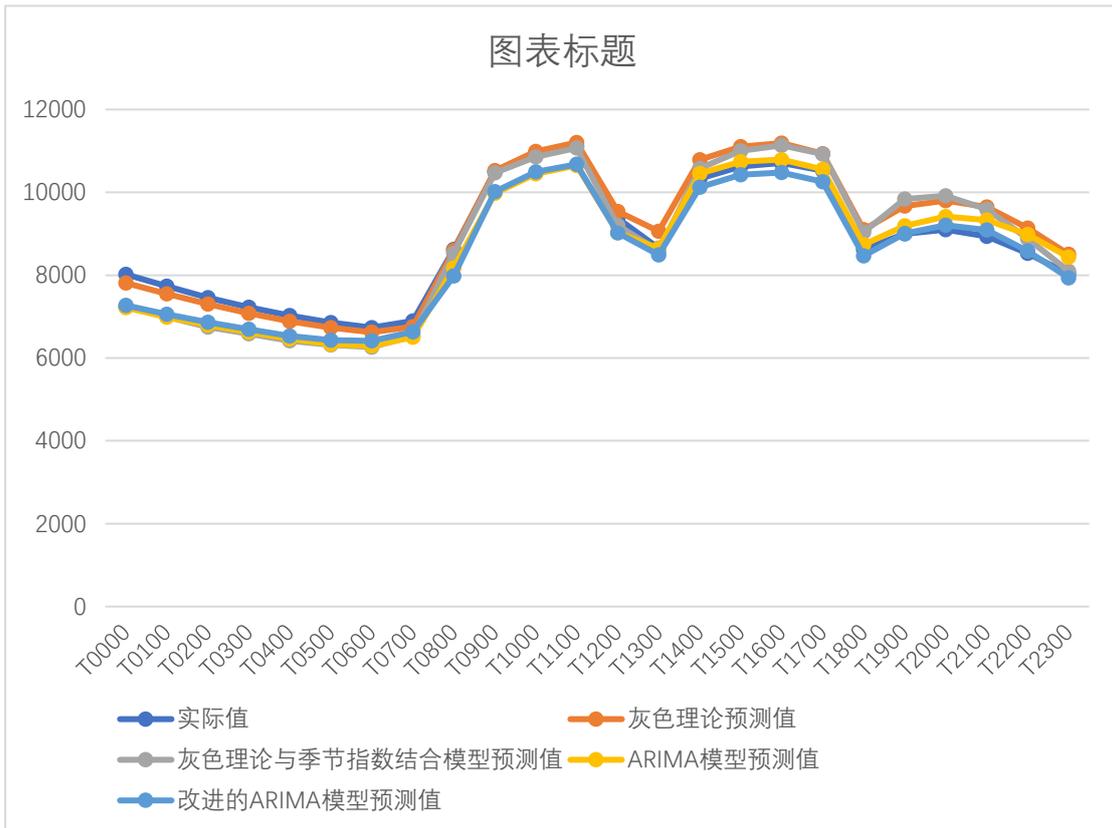


图 4.2 四种模型预测结果对比图

对于休息日的预测，如表 4-2 所示为休息日负荷预测结果对比，对于休息日的预测灰色理论预测模型的预测精度却高于灰色理论与季节指数结合模型 1.551%。改进的 ARIMA 模型加入了气象因素，相比未改进的 ARIMA 模型预测精度提高了 0.699%。因此，在对休息日的负荷进行预测时，优先推荐灰色理论预测模型，如果考虑气象因素，则推荐改进的 ARIMA 模型。

表 4-2 休息日负荷预测精度对比

方法	灰色理论预测模型	灰色理论与季节指数结合模型	ARIMA 模型	改进的 ARIMA 模型
平均相对误差 $\bar{\varepsilon}$	0.034858168	0.050368583	0.046910165	0.040149285
负荷预测误差率 η_c	3.811%	6.084%	5.550%	4.851%
负荷预测准确率 η	96.189%	93.916%	94.450%	95.149%

5 结论

本文从工作日和休息日两种负荷预测类型出发,分别采用灰色理论预测模型、灰色理论与季节指数结合模型、ARIMA 模型和改进的 ARIMA 模型四种预测模型对我国南方某省的夏季电力负荷进行预测。通过比较分析平均相对误差、负荷预测的误差率和负荷预测的准确率,来比较四种方法的预测效果。

灰色理论与季节指数结合模型,加入了季节因子,即考虑了电力负荷变化受一定季节因素的影响,因此在对负荷预测误差相对减少,特别是在对工作日电力负荷预测时,其预测效果明显优于其他三种预测方法。将电力负荷序列看成时间序列,充分考虑了不同日期负荷之间的相关性,通过本例可以看出改进的 ARIMA 模型预测结果要比未改进的 ARIMA 模型准确。改进的 ARIMA 模型考虑了气象因素对负荷的影响,因此预测精度有所提高,说明改进的模型是可行的。

参考文献:

- [1] 马坤隆. 基于大数据的分布式短期负荷预测方法[D]. 湖南大学, 2014.
- [2] 孟晗, 杨慧诗, 唐湘晋. 基于灰色理论与季节指数模型的我国 2010 年上半年发电量预测[J]. 商业文化(学术版), 2010, 2010(01): 141-142.
- [3] 刘秋华. 基于季节指数和灰色预测的月电量预测模型[J]. 南京工程学院学报(自然科学版), 2006, 4(1): 1-6.
- [4] 宇传华主编. SPSS 与统计分析第 2 版[M]. 北京: 电子工业出版社, 2015: 645-668.

