

基于 ARIMA 模型的宁波生活用电总量的实证分析

王月芬, 王 露

(浙江理工大学理学院, 杭州 310018)

摘 要: 在现在的科技化社会,电与每个人息息相关,对用电量进行预测并做好调配控制是不可或缺的。通过 1978—2011 年宁波市生活用电总量数据,利用时间序列分析的方法,对用电量进行建模,发现其内在的规律性。结果显示:宁波生活用电量数据服从异方差的 ARIMA(2,2,0)模型,通过该模型对未来几年的用电量进行预测,可以为政府制定相应的政策提供一定的依据。

关键词: 时间序列分析; ARMA 模型; ARIMA 模型; GARCH 模型; 平稳; 异方差

中图分类号: F062.1 **文献标志码:** A

引 言

电能是人民日常生活和企业生产必不可少的能源。近年来,全国电力供求持续偏紧,用电形势十分严峻,大力开展节约用电工作成为缓解供电紧张的当务之急。但是,仅仅靠节约用电来缓解供电压力是远远不够的,还需要政府和电力部门根据对用电量的预测,做好宏观调控,以减少电力紧张给人们的生活和企业生产造成的损失。^[1]

居民生活用电的增长受很多方面因素的影响,在这些因素的共同作用下居民生活用电总量大致呈上升趋势,且有一定的时间规律。孙王杰等^[2]在《SPSS 预测模型在城市居民生活用电量中的应用》中对城市居民生活用电量进行了回归预测,认为人均收入和人均居住面积对用电量有显著作用;冀彩星等^[3]在《西安市 1988—2007 年城市生活用电量对气温变化的响应》中分析了气温变化及生活用电量的变化趋势特征,结果表明城市居民生活用电量对气温变化很敏感;陈国初等^[4]在《基于神经网络的中长期用电量预测模型》用神经网络建立中长期用电量预测模型,可以较好地描述中长期用电量的历史数据并进行预测。本文将利用时间序列分析的方法,从数据本身出发,研究用电量的变化规律,建立

适应性模型并进行预测,为政府制定相应的政策提供一定的依据。

一、模型介绍及其用途

(一)ARMA 模型

ARMA 模型^[5]是研究时间序列的重要方法,由自回归模型(简称 AR 模型)与滑动平均模型(简称 MA 模型)为基础“混合”构成,适用于平稳时间序列。如果平稳时间序列 X_t 满足:

$$\begin{cases} X_t = \varphi_1 X_{t-1} + \cdots + \varphi_p X_{t-p} + \epsilon_t - \theta_1 \epsilon_{t-1} - \cdots - \theta_q \epsilon_{t-q} \\ \varphi_p \neq 0, \theta_q \neq 0, E(\epsilon_t) = 0, \text{Var}(\epsilon_t) = \sigma_\epsilon^2 \\ E(\epsilon_t \epsilon_s) = 0 (\forall s \neq t), E(X_s \epsilon_t) = 0 (\forall s < t) \end{cases}$$

则称 X_t 服从参数为 (p, q) 的自回归移动平均模型。

当 $q=0$ 时,ARMA(p, q)模型即为 AR(p);

当 $p=0$ 时,ARMA(p, q)模型即为 MA(q)。

(二)ARIMA 模型

如果时间序列 X_t 经过 d 阶差分后变成了平稳序列,而且能利用 ARMA 模型对差分后的平稳序列建模,则称 X_t 的模型结构为求和移动平均模型,简称 ARIMA(p, d, q)。ARIMA 模型适用于非平稳序列,能够充分地提取序列中的非平稳信息,模型原理简单,操作简便,在经济领域中有广泛的应用。模型的具体表达式为:

$$\begin{cases} (1-\varphi_1 B-\varphi_2 B^2-\cdots-\varphi_p B^p)(1-B)^d X_t = \\ (1-\theta_1 B-\theta_2 B^2-\cdots-\theta_q B^q) \varepsilon_t, \\ E(\varepsilon_t)=0, \text{Var}(\varepsilon_t)=\sigma_\varepsilon^2, E(\varepsilon_t \varepsilon_s)=0 (\forall s \neq t), \\ E(X_t \varepsilon_s)=0 (\forall s < t) \end{cases}$$

(三) GARCH 模型

Engle(1982)提出了回归条件异方差模型(ARCH), Bollerslev 在 1986 年将模型发展成为 GARCH 模型(广义自回归条件异方差模型),用于刻画金融市场上的波动变化。GARCH(p, q)模型的结构为:

$$\begin{cases} X_t = f(t, X_{t-1}, X_{t-2}, \cdots) + \varepsilon_t \\ \varepsilon_t = \sqrt{h_t} e_t, e_t \sim i. i. d. N(0, 1) \\ h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^p \beta_j h_{t-j} \end{cases}$$

二、实证分析

本文选用了 1978—2011 年宁波市城乡生活用电总量数据,数据来源于宁波统计年鉴^[6]。为简便,记 X 为 1978—2011 年宁波市生活用电数据,通过软件 Eviews5 对数据进行处理,得到 X 的线性图,见图 1。

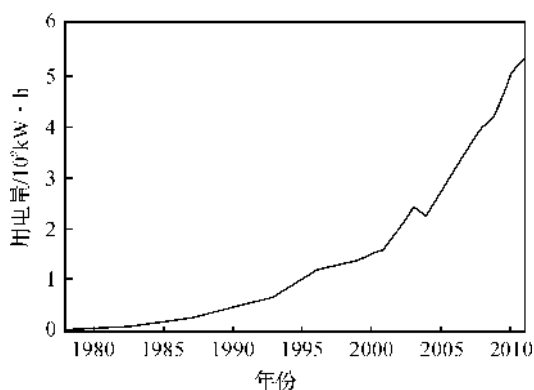


图 1 X 的线性图

通过软件处理,可得到:序列 X 的样本均值为 141 193.7 万 $\text{kW} \cdot \text{h}$,样本标准差为 152 264.8 万 $\text{kW} \cdot \text{h}$,偏度为 1.172,峰度为 3.352,高于正态分布的峰度值 3,这说明序列具有尖峰厚尾特征。JB 正态性检验也证实了序列 X 的分布显著异于正态分布。

(一) 平稳性检验

从图 1 可以看出,序列 X 呈现上升趋势,具有很强的非平稳性,因此需要对数据进行平稳化处理。对序列 X 进行单位根检验,经检验发现 X 具有两个单位根。令 X 的二阶差分序列为 Y ,即 Y 为平稳时间序列,对 Y 尝试建立 ARMA 模型。

(二) 模型建立

利用软件,得到 Y 的相关图,如图 2。

Sample: 1978 2011
Included observations: 32

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.495	-0.495	8.6097	0.003
		2 0.052	-0.256	8.7083	0.013
		3 0.054	-0.057	8.8186	0.032
		4 -0.060	-0.054	8.9573	0.062
		5 0.040	-0.005	9.0214	0.108
		6 -0.047	-0.049	9.1132	0.167
		7 0.054	0.018	9.2421	0.236
		8 0.015	0.067	9.2519	0.321
		9 -0.005	0.070	9.2530	0.414
		10 0.008	0.052	9.2562	0.508
		11 -0.004	0.033	9.2569	0.598
		12 -0.001	0.016	9.2569	0.681
		13 0.000	0.010	9.2569	0.753
		14 0.000	0.005	9.2569	0.814
		15 0.000	-0.004	9.2570	0.864
		16 0.000	-0.010	9.2570	0.902

图 2 Y 的相关图

根据图 2,尝试对 Y 建立 AR(1), AR(2), MA(1), ARMA(1,1)等模型。在建模过程中发现 Y 具有异方差,对各种模型进行调整、检验,最终对 Y 建立的适应性模型为异方差的 AR(2),即对原序列 X 建立异方差的 ARIMA(2,2,0)模型,具体参数如下图 3 所示。

Sample (adjusted): 1982 2011
Included observations: 30 after adjustments
Failure to improve Likelihood after 27 iterations
Variance backcast: ON
GARCH = C(3) + C(4)*RESID(-1)^2 + C(5)*GARCH(1)

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
AR(1)	-1.013907	0.139845	-7.250217	0.0000
AR(2)	-0.379065	0.040652	-9.324577	0.0000

Variance Equation				
C	2.84E+08	1.62E+08	1.748086	0.0804
RESID(-1)^2	0.573863	0.209483	2.739424	0.0062
GARCH(1)	-0.991009	0.007581	-130.7163	0.0000

R-squared	0.495397	Mean dependent var	1220.467
Adjusted R-squared	0.414660	S.D. dependent var	21212.52
S.E. of regression	16229.17	Akaike info criterion	21.59523
Sum squared resid	6.58E+09	Schwarz criterion	21.82876
Log likelihood	-318.9285	Durbin-Watson stat	1.979459

Inverted AR Roots	-.51-.35i	-.51+.35i
-------------------	-----------	-----------

图 3 Y 的参数估计检验

模型公式为:

$$\begin{cases} X_t = 0.99X_{t-1} + 0.64X_{t-2} - 0.25X_{t-3} - \\ 0.38X_{t-4} + \varepsilon_t \\ \varepsilon_t = \sqrt{h_t} e_t \\ h_t = 2.84 \times 10^8 + 0.57\varepsilon_{t-1}^2 - 0.99h_{t-1} \end{cases}$$

(三) 模型预测

所建模型的拟合效果见下图 4,其中 X 表示原始数据, XF 表示预测数据。

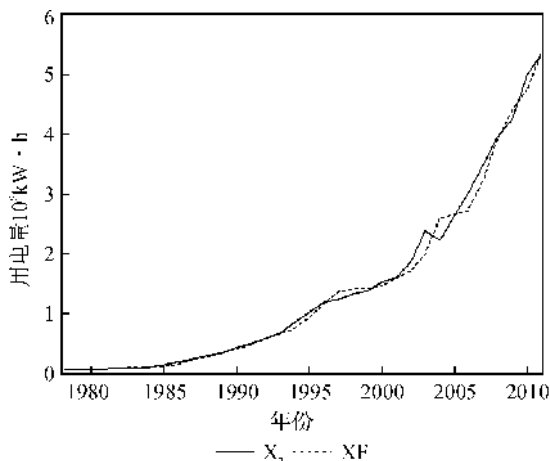


图4 模型拟合效果图

从图4中可看出,虽然模型预测中的拟合效果略微滞后,但是总体的模型预测效果不错。利用所建模型对2009—2011年宁波生活用电量的真实值和拟合值进行比较,结果见表1。

表1 2009—2011年宁波生活用电预测比较 kW·h

年份	真实值	拟合值	绝对误差	相对误差/%
2009年	425 020	439 982.8	14 962.8	3.52
2010年	498 333	472 020.6	-26 312.4	5.28
2011年	535 907	533 410.2	-2 496.8	0.466

利用所建模型对2012年和2013年的宁波生活用电量进行预测,预测值分别为:592 985.1万kW·h和643 835.3万kW·h。

三、结 语

从数据序列本身出发建立模型,从根本上避免了寻找主要因素及识别主要因素和次要因素的困难,这也是ARIMA模型的主要优点。本文利用1978—2011年宁波市生活用电总量数据,对用电量

建立了异方差的ARIMA(2,2,0)模型,能对数据进行较好的拟合,通过该模型对未来几年的用电量进行预测,可以为政府制定相应的政策提供参考。

针对我国能源紧缺,电能消耗大的现状,应对日常用电和企业用电需要进行宏观调控,在此从供电企业的角度对科学合理的用电管理提出建议:a) 建立保障居民正常用电的体制,在居民用电与企业生产用电有所冲突的情况下,务必首先保障居民基本生活用电,以不影响居民的正常生活;b) 完善电力调控,做好年度用电量调配计划,以求达到经济发展用电与生活用电不冲突;c) 多方扩大供电来源,在全国范围内进行电力运输,达到各地区电能平衡,供求相当,尽量保证在夏季用电紧张的情况下,缓解用电压力;d) 节约用电,在我国目前能源紧张的情况下,节约用电成了重中之重,尽量减少不必要的能源损失,构建节约型社会,在科学发展观的指导下,节约使用能源。

参考文献:

- [1] 徐圣书. 用电管理与检查[M]. 北京: 中国电力出版社, 1997: 15-121.
- [2] 孙王杰, 潘淑霞. SPSS预测模型在城市居民生活用电量中的应用[J]. 吉林化工学院学报, 2009, 26(1): 89-92.
- [3] 冀彩星, 延军平. 西安市1988—2007年城市生活用电量对气温变化的响应[J]. 陕西师范大学学报: 自然科学版, 2011, 39(4): 91-96.
- [4] 陈国初, 刘 军. 基于神经网络的中长期用电量预测模型[J]. 上海电机学院学报, 2009, 12(1): 20-24.
- [5] 王 沁. 时间序列分析及其应用[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2008: 1-192.
- [6] 宁波市统计局. 宁波统计年鉴: 2012[M]. 北京: 中国统计出版社, 2012.

Empirical Analysis of Domestic Electricity Consumption of Ningbo Based on ARIMA Model

WANG Yue-fen, WANG Lu

(School of Sciences, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: In current technological society, electricity is closely related to everyone. It is indispensable to forecast, deploy and control the electricity consumption. In accordance with total electricity consumption of Ningbo from 1978 to 2011, this paper utilizes time series analysis method to construct a model of electricity consumption and finds the inherent law. The results show that domestic electricity consumption of Ningbo obeys ARIMA (2,2,0) model of heteroscedasticity. By this model, we can predict the electricity consumption in the next few years so as to provide certain data for the government to formulate corresponding policies.

Key words: time series analysis; ARMA model; ARIMA model; GARCH model; stability; heteroskedasticity

(责任编辑: 许惠儿)