

# The Problem of Energy Production Based on ARIMA Model

Ping Wang, Peng Wei, Yige Song

School of Mathematics and Systems Science, Shandong University of Science and Technology, Qingdao Shandong  
Email: 17806243611@163.com

Received: Aug. 4<sup>th</sup>, 2018; accepted: Aug. 20<sup>th</sup>, 2018; published: Aug. 27<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

We first identify the stability of the sequence by time series observation, and then make a smooth processing of the data, and finally determine an ARMA model to analyze the four states on the border with Mexico (California State (CA), Arizona, State (AZ), New Mexico State (NM) and Dexa Wales (TX)) Energy distribution evolution Law.

## Keywords

Time Series, Smoothness, Energy Distribution Law, ARMA Model

---

# 基于ARIMA模型下的能源生产问题

王 平, 魏 鹏, 宋一格

山东科技大学数学与系统科学学院, 山东 青岛  
Email: 17806243611@163.com

收稿日期: 2018年8月4日; 录用日期: 2018年8月20日; 发布日期: 2018年8月27日

---

## 摘 要

我们首先通过时间序列观测, 对序列的平稳性进行识别, 然后对数据进行平稳化处理, 最后确定以ARMA模型来分析美国与墨西哥边境上四个州(加利福尼亚州(CA), 亚利桑那州(AZ), 新墨西哥州(NM)和德克萨斯州(TX))的能源分布演变规律。

## 关键词

时间序列, 平稳性, 能源分布规律, ARMA模型

---



## 1. 引言

能源生产和使用是任何经济的主要部分。在美国，能源政策的许多方面分散到国家层面。此外，不同国家的不同地区和行业也影响能源使用和生产。本文以美国的加利福尼亚州(CA)，亚利桑那州(AZ)，新墨西哥州(NM)和德克萨斯州(TX)四个州为例，介绍一种探究能源分布的模型。

## 2. 改进的 ARIMA 模型

### 2.1. 时间序列分析法

时间序列分析法利用数据的自相关性建立相对最优的模型来分析客观现象的动态特征[1]。时间序列分析主要有确定性变化分析和随机性变化分析。其中，确定性变化分析包括趋势变化分析、周期变化分析、循环变化分析。随机性变化分析：有 AR、MA、ARMA 模型等[2]。

### 2.2. ARIMA 模型的基本原理

ARIMA 模型全称为自回归积分滑动平均模型(Autoregressive Integrated Moving Average Model, 简记 ARIMA)，其中 ARIMA( $p, d, q$ )称为差分自回归移动平均模型，AR 是自回归， $p$  为自回归项；MA 为移动平均， $q$  为移动平均项数， $d$  为时间序列成为平稳时所做的差分次数[3]。

所谓 ARIMA 模型，是指将非平稳时间序列转化为平稳时间序列，然后将因变量仅对它的滞后值以及随机误差项的现值和滞后值进行回归所建立的模型。ARIMA 模型根据原序列是否平稳以及回归中所含部分的不同，包括移动平均过程(MA)、自回归过程(AR)、自回归移动平均过程(ARMA)以及 ARIMA 过程。

一般的  $p$  阶自回归过程 AR( $p$ )是

$$X_t = \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \cdots + \phi_p X_{t-p} + \mu_t$$

其中  $\mu_t$  是误差项。

一般的  $q$  阶的移动平均过程 MA( $q$ )可以表示为

$$X_t = \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \cdots - \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

将纯 AR( $p$ )与纯 MA( $q$ )结合，得到一个一般的自回归移动平均过程 ARMA( $p, q$ )

$$X_t = \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \cdots + \phi_p X_{t-p} + \mu_t + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \cdots - \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

## 3. ARIMA 模型求解过程

### 3.1. 时间序列观测

根据时间序列的散点图、自相关函数和偏自相关函数图以 ADF 单位根检验其方差、趋势及其季节性变化规律，对序列的平稳性进行识别。

根据题目附件提供的数据，通过软件可以画出每个州的能源总消费、清洁可再生能源总消费和化石能源总消费数据情况，如图 1。

图 1 中，CLTCB 代表煤炭消费总量，NNTCB 代表天然气总消费量，PMTCB 代表所有石油产品的

总消费量，RETCB 代表可再生能源总消费，NUETB 代表核电产生的电力。

我们以 AZ 州中 CLTCB 为例详细求解如下：

根据图 1 AZ 中 CLTCB 的曲线走势可以明显观察到，CLTCB 的数量逐年增加，所以数据序列是非平稳的，则需要对数据进行平稳化处理。

### 3.2. 平稳化处理

为了使该时间序列更容易变得平稳，首先对该序列 EC 取对数，令  $x = \log(EC)$ ，观察发现一阶差分后该模型变得平稳。我们采用 EVIEW8.0 软件对模型进行严格单位根检验，结果如表 1。

我们发现，一阶差分后模型通过了单位根检验，拒绝存在单位根的假设，说明模型在一阶差分后平稳。因此可以对模型定阶为  $d = 1$ 。

### 3.3. 确定模型类型

若平稳序列的偏相关函数是截尾的，而自相关函数是拖尾的，可断定序列适合 AR 模型；若平稳序列的偏相关函数是拖尾的，而自相关函数是截尾的，则可断定序列适合 MA 模型；若平稳序列的偏相关函数和自相关函数均是拖尾的，则序列适合 ARMA 模型。

首先使用 EVIEW8.0 软件对取对数后的时间序列 X 进行一阶差分后，对其进行自相关和偏相关分析，如图 2。

根据图 2，我们得到该平稳序列的自相关函数与偏相关函数均是拖尾的，则该模型适合 ARMA 模型。

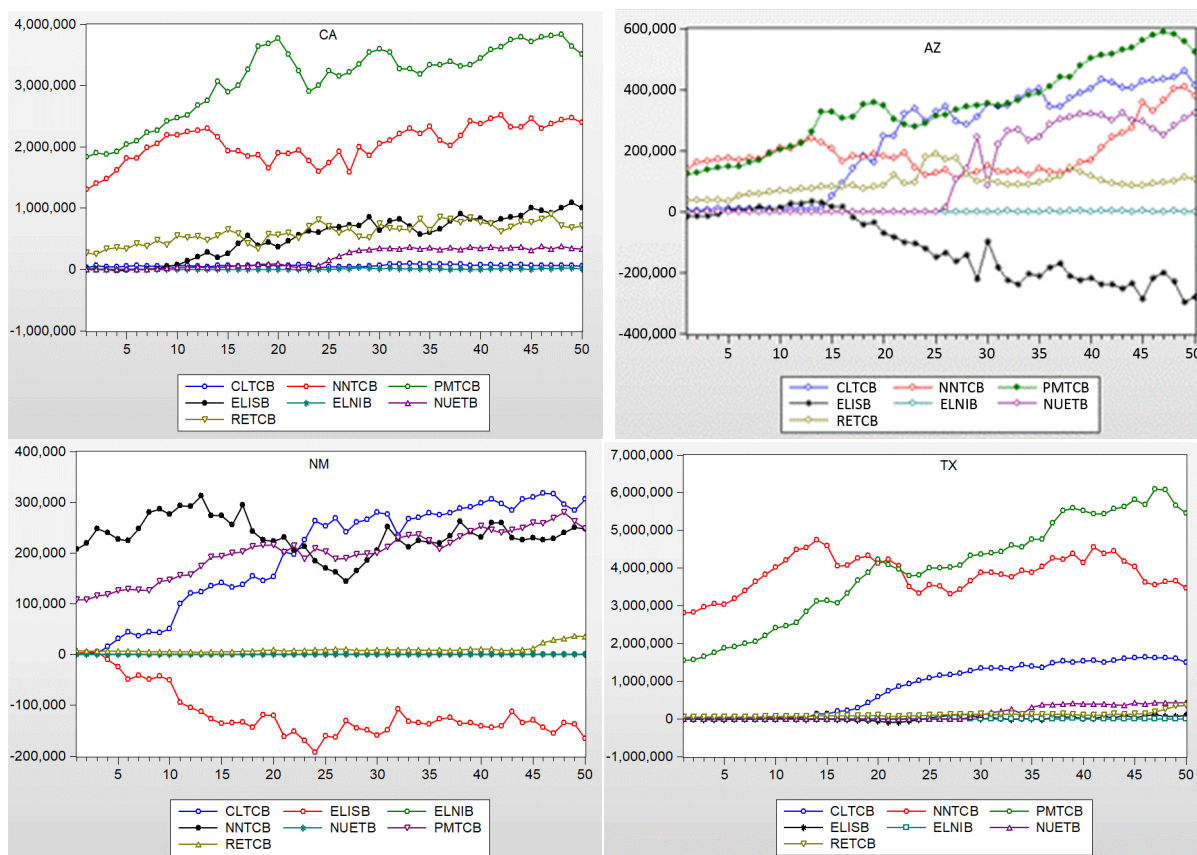


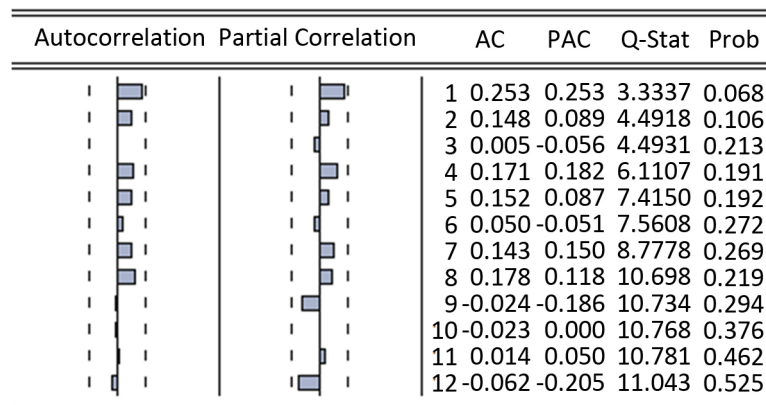
Figure 1. Energy consumption in the states

图 1. 各州能源消费情况

**Table 1.** Unit root test of energy consumption  
**表 1.** 能源消费情况的单位根检验

Test critical values	t_Statistic
0.01 Level	-3.58
0.05 level	-2.93
0.1 level	-2.60

Date: 02/12/18 Time: 08:08  
 Sample: 1 2025  
 Included observations: 49



**Figure 2.** Self-correlation and partial correlation analysis of sequence X first-order Difference  
**图 2.** 序列 X 一阶差分后的自相关与偏相关分析

### 3.4. 进行参数估计，检验是否具有统计意义

根据上图中偏相关函数(PACF)可以看出 AR(p)中 p 可以选择 1 或者选择 2；根据自相关函数(ACF)可以看出 MA(q)中 q 可以取 1 或者 2。

根据上面 p 与 q 的取值，对一阶差分的时间序列，我们可以选择 ARMA(1,1)、ARMA(1,2)、ARMA(2,1)、ARMA(2,2) 4 重模型。然后将 4 个模型的拟合估计结果如表 2。

比较表 2 发现，从系数的 T 检验和伴生概率来看，模型 AR(2)MA(2)的 AIC 值和 SC 值最小，并且 R<sup>2</sup> 的值最大，所以我们选择 AR(2)MA(2)模型[4]。

### 3.5. 模型拟合

设 Y<sub>t</sub> 为 X 的一阶差分，则对 EC 的 ARIMA(2,1,2)模型可以拟合如下

$$Y_t = 0.207Y_{t-1} + 0.6835Y_{t-2} - 0.5145\varepsilon_{t-1} - 0.9742\varepsilon_{t-2} + \mu_t$$

其中 Y<sub>t</sub> = ΔX 且 X<sub>t</sub> = log(EC)，μ<sub>t</sub> = 0.27

故模型拟合结果为 EC = exp(Y<sub>t</sub>)

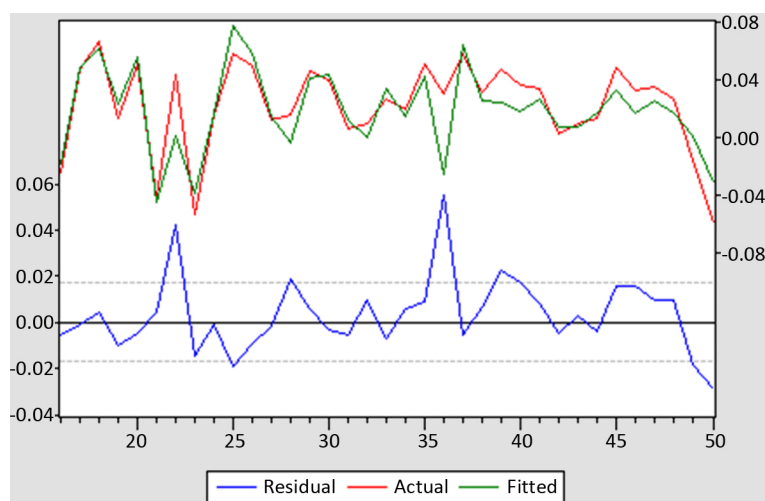
### 3.6. 假设检验，诊断残差

为检验模型的正确与合理性，用 EViews8.0 作图如图 3。

图 3 中红线表示 CLTCB 的实际值，绿线表示预测值，蓝线表示两者的残差。由图可以得到残差小于 0.15 所以诊断残差序列为白噪声，从而得到该模型为有效的反映了 AZ 州中 CLTCB 分布的演变规律。

**Table 2.** Comparison of the results of the fitting estimates of four models  
**表 2.** 四种模型的拟合估计结果比较

Model	Variable	Coefficient	t-Statistic	Prob	Adjusted R-squared	AIC	SC
AR(1)MA(1)	AR(1)	0.912716	16.04045	0.0000	0.153379	-3.963158	-3.846208
	MA(1)	-0.946758	-25.50664	0.0000			
AR(1)MA(2)	AR(1)	0.902022	13.45634	0.0000	0.148997	-3.938801	-3.782868
	MA(1)	-0.812512	-4.859949	0.0000			
AR(2)MA(1)	MA(2)	-0.129789	-0.821248	0.4159	0.136415	-3.918400	-3.760941
	AR(1)	1.046339	6.219181	0.0000			
AR(2)MA(1)	AR(2)	-0.143460	-0.919842	0.3628	0.715318	-5.231306	-5.097991
	MA(1)	-0.946134	-21.57116	0.0000			
AR(2)MA(2)	AR(1)	0.207469	0.189544	0.8506	0.715318	-5.231306	-5.097991
	AR(2)	0.683526	0.680705	0.4998			
	MA(1)	-0.514549	-0.498525	0.6207			
	MA(2)	-0.974222	-0.765656	0.4482			



**Figure 3.** Comparison diagram of model inspection  
**图 3.** 模型检验比较图

对于其他州的能源演变规律，我们用相同方法可以求得，在此不再重复。

#### 4. 总结

CA 州所使用的能源基本全为石油与天然气，其中是有的消耗量更高，且明显高于其余能量的消耗总量，煤炭与进口电力的消耗量极少，州间销售电力及相关损失逐年增加，并且可再生能源的消耗量自 1960 年逐年增长。我们建议，CA 州加强对可再生能源的生产，保证能源使用的清洁高效。

AZ 州 PMTCB、CLTCB、NUETB、NNTCB 的数量演变规律基本一致，呈逐年增加趋势，其中石油的消耗量相对高些。其 ELNIB 的数量保持在很小的范围内波动，变化趋势不明显，说明 AZ 州净进口用电量较少。而其州间销售电力为负数且曲线向下增加，表明 AZ 州进口电力逐年增加。我们建议 AZ 州加

强核电技术，用以提供本州所需电力，减少进口，同时继续发展清洁可再生能源。

NM 州的天然气消耗量一直保持高水平不变，石油与煤炭的消耗量逐年增加，其中煤炭的增长速度更快，其进口电力始终保持低水平，对于可再生能源的消耗在 2000 年以后出现增长，进口电力相对其他州较多。我们建议，NM 州以可再生能源的核电的使用量为主要目标，大力发展清洁能源，加强与其他州之间的联系，以实现经济双赢。

TX 州 PMTCB 与 NNTCB 的数量明显高于其他能源的消耗量，1980 年以来煤炭的消耗量持续增加，其余四种能源消耗量水平较低，但初年增长的趋势。我们建议，TX 州以核电为主要目标，加强清洁能源的开发利用。

## 参考文献

- [1] 聂淑媛. 时间序列分析的早期发展[D]: [博士学位论文]. 西安: 西北大学, 2012.
- [2] Cryer, J.D., Chan, K.S. 时间序列分析及应用 R 语言[M]. 第 2 版. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [3] 柳永, 王徐汇. 中国能源消费预测中的 ARIMA 模型[J]. 经济调查, 2007(5): 11-13, 32.
- [4] 王建. 基于时间序列分析的宁夏能源消费预测[D]: [硕士学位论文]. 银川: 宁夏大学, 2015.

### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2324-7991, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [aam@hanspub.org](mailto:aam@hanspub.org)