

基于三参数指数平滑天然气产量预测分析

高广翔

云南财经大学, 云南 昆明

收稿日期: 2021年9月30日; 录用日期: 2021年10月29日; 发布日期: 2021年11月5日

摘要

近年来, 国际天然气价格暴涨, 作为现阶段最清洁的能源, 有家庭生活燃料、工业燃料、商业能源等多种用途, 天然气的价格直接影响到天然气的开采量和使用量。同时, 天然气是不可再生能源, 其开采和使用需要一定的限制, 因此对于国内天然气产量的预测是值得关注的问题。因为天然气产量存在明显的周期性和增长趋势, 本文采用三参数指数平滑法对其月产量进行预测, 预测结果符合前期增长规律, 对于未来天然气的开采有一定的参考意义。

关键词

天然气产量预测, 三参数指数平滑, 加法模型, 乘法模型

Natural Gas Production Forecast Analysis Based on Three-Parameter Exponential Smoothing

Guangxiang Gao

Yunnan University of Finance and Economics, Kunming Yunnan

Received: Sep. 30th, 2021; accepted: Oct. 29th, 2021; published: Nov. 5th, 2021

Abstract

In recent years, international natural gas prices have skyrocketed. As the cleanest energy at this stage, it has multiple uses such as household fuels, industrial fuels, and commercial energy. The price of natural gas directly affects the amount of natural gas extracted and used. At the same time, natural gas is a non-renewable energy source, and its exploitation and use require certain restrictions. Therefore, the forecast of domestic natural gas production is a matter of concern. Because of the obvious periodicity and growth trend of natural gas production, this paper uses the three-parameter exponential smoothing method to predict its monthly production. The prediction

result conforms to the previous growth law and has certain reference significance for future natural gas extraction.

Keywords

Natural Gas Production Forecast, Three-Parameter Exponential Smoothing, Additive Model, Multiplication Model

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

天然气的使用使得生产生活方式发生了一定的改变。天然气作为工业燃料使用，产生热能较大，使得工业生产效率不断提高；同时，天然气作为最清洁的能源，对环境的污染较小，对空气质量的稳定也不会产生太大影响。因此，天然气的功能是巨大的，相对于其他不可再生能源存在很大的优势。天然气作为家庭生活燃料使用，一方面能够改变人们的生活方式，使得人们的生活变得更加便利；另一方面，天然气的使用能够很好地促进能源经济结构的改变。今天，天然气作为目前最为优质的、高效的清洁能源，也是各大城市燃气发展的重要气源，更是未来发展中能源利用、经济发展的重要来源。

天然气作为一种能源，并不是取之不尽、用之不竭的，在生产生活中的使用也应该有一定的节制，不能盲目地使用，需要与其他的再生能源配合使用，这样才能促进能源使用效率最大化。由于天然气开采成本较大，而开采效率较低，因而需要不断改进开采技术。随着技术的进步，国内近3年的年开采量稳定上升100亿立方米，产量巨大。

随着天然气的广泛使用，天然气的家庭用途和工业用途逐渐增加，导致天然气的使用量大大增加。因此，国内天然气的产量的预测是有实际意义的，有利于国内天然气产业的发展，并且能够很好的分析天然气的经济导向。

2. 文献综述

在我国对于天然气产量的预测中，根据前人研究的成果可以发现，天然气产量的预测方法有灰色预测模型、时间序列预测模型、广义翁氏预测模型、BP神经网络预测模型、线性回归预测模型等，还有对前面各种模型的组合优化模型，形成了多种预测模型，模型各有优势，适用于不同的时间序列数据，其中，预测效果最好的是时间序列预测模型和组合优化模型，给后面的研究提供了很多基础和参考。

在灰色预测方法中，帅训波[1]基于一种指数平滑对天然气产量进行了预测，他发现普通的灰色预测模型所需样本数据量较少，容易丢失对预测有用的信息量，在对天然气产量的预测中会使预测精度不高。而指数平滑法的运用，对天然气产量历史数据的处理，能够充分利用有用的信息，并且减少了随机性；然后再对灰色预测模型的计算方法进行改进，将数据变换成规律性强的呈指数变化的序列，从而提出了这种基于指数平滑的、改进后的天然气产量灰色预测模型。实验结果发现，此模型比普通灰色预测模型预测精度更高。

李宏勋，王海军[2]使用改进的灰色模型对我国天然气产量预测，他们仔细研究了灰色预测模型的理论，在其基础上进行下一步研究，但是由于拟合结果误差方面在灰色预测模型中是明显的问题，因此引进广义翁氏模型，并采用其对数方程式积分形式，从而提高了灰色预测模型的预测精度，加深理论依据，

构建灰色预测模型进阶版, 结果显示该进阶模型的拟合效果比单个预测模型的拟合效果更好。

在时间序列预测方法中, 李志学, 孙丹[3]做了关于天然气产量季节预测模型的比较与选择, 发现对于存在季节性和周期性的数据, 普通的时间序列预测模型参数的估计存在很大难度, 并且会出现季节性特征的时间序列问题, 模型的预测很难进行, 如果得到预测结果, 结果的效果也不好。因为天然气产量存在季节性、周期性特征, 实验得出结论: 带有季节特征的历史数据使用季节系数法时间序列的预测方法, 能够对其快速有效的预测。

在广义翁氏预测方法中, 王建良, 刘睿人[4]预测了中国天然气产量中长期走势, 由于天然气产量变化规律呈现出的性质是不对称的, 并且生命旋回的现象有可能存在多个。循环个数选择的主观性会对结果产生严重的影响, 所以引入 F 检验, 并且改进模型为多循环广义翁氏模型, 以此模型预测我国天然气产量。并且由预测结果可知国内天然气产量较国际水平相差较远, 需要不断改进技术, 增加勘探, 推动产量增加, 维持天然气产业稳定。

在组合优化方法中, 李志锋[5]采用优化组合模型对天然气产量进行预测。在他的研究中, 他对线性回归预测模型、人工神经网络模型以及灰色系统预测模型等进行了深入的研究, 深刻思考了优化组合模型, 并且通过实验, 将组合预测模型应用于天然气产量预测中, 从而提高了天然气产量预测结果的精确性, 做足充分的准备, 使得天然气的开采工作能够顺利实施; 同时, 王俊奇[6]等人同样使用前面三种预测模型的组合模型, 并对天然气产量进行了预测, 说明这种组合优化模型效果较好; 在王洪明[7]的文章中, 使用模糊综合评价方法, 确定了组合预测模型的权值, 在实际的天然气产量预测的过程中, 取得了良好的效果。

综合对上述文献的分析, 天然气产量的预测方法较多, 但由于国内天然气的月产量数据存在明显的周期性和趋势性, 本文将采用三参数指数平滑法建立国内天然气产量预测模型, 并对其进行分析。

3. 理论模型

3.1. 平稳性检验

当我们对时间序列进行分析时, 我们总是要求时间序列是平稳的, 这是因为我们希望通过时间序列的历史数据对将来进行预测, 这就要求时间序列的一些性质能保持不变, 如果序列是不平稳的, 那么通过历史数据对未来的预测就毫无意义。

描述时间序列的平稳性时, 是通过严平稳和(弱)宽平稳来描述, 一般而言, 由于严平稳的要求比较严格, 通常使用宽平稳来描述:

- 1) 对任意 $t \in T$, 有 $EX_t^2 < \infty$;
- 2) 对任意 $t \in T$, 有 $EX_t = \mu$, μ 为常数;
- 3) 对任意 $t, s, k \in T$, 且 $k + s - t \in T$, 有 $\gamma(t, s) = \gamma(k, k + s - t)$ 。

即只要保证序列低阶(二阶)距平稳, 就能保证时间序列的主要性质近似于稳定。

3.1.1. 时序图

根据平稳时间序列的定义, 如果 $\{X_t, t \in T\}$ 平稳, 那么在任意一个时刻序列的均值都是常数, 即 X_t 的各个时刻值都以大致相同的幅度在均值附近波动, 如果时序图呈现出增大、减小、有明显周期特征或明显趋势, 那么序列就是非平稳的。

3.1.2. 单位根的 ADF 检验(Augmented Dickey-Fuller Test)

ADF 检验是在 DF 检验式中加入一定数目的差分滞后项来保证误差项为白噪声序列, 是扩展的 DF 检验, 例如无截距项, 有趋势项的 ADF 检验模型:

$$\Delta X_t = \beta t + \gamma X_{t-1} + \sum_{j=1}^p \sigma_j \Delta X_{t-j} + \varepsilon_t$$

$H_0: \gamma = 0$; $H_1: \gamma < 0$, 检验统计量为: $F_\gamma = \frac{\hat{\gamma}}{SE(\hat{\gamma})}$, 当统计量的值小于临界值, 或者 P 值小于临界值(一般为 0.05), 则可以拒绝原假设, 认为序列是平稳的。

3.2. 三参数指数平滑法

假设要进行指数平滑的序列为 $\{x_t\}$, $\{x_t\}$ 序列既含有趋势性又含有季节性。记 a_t 为该序列的水平部分, b_t 为该序列的趋势部分, s_t 为该序列的季节因子(假设一个季节周期长度为 π), 这个季节因子可以随着每年的具体情况波动。从而形成 Holt-Winter 三参数指数平滑模型。

如果季节和趋势是加法模型, 则 Holt-Winter 三参数指数平滑模型的构造如下:

$$a_t = \alpha(x_t/s_{t-\pi}) + (1-\alpha)(a_{t-1} + b_{t-1})$$

$$b_t = \beta(a_t - a_{t-\pi}) + (1-\beta)b_{t-1}$$

$$s_t = \gamma(x_t - a_t) + (1-\gamma)s_{t-\pi}$$

如果季节和趋势是乘法模型, 则 Holt-Winter 三参数指数平滑模型的构造如下:

$$a_t = \alpha(x_t - s_{t-\pi}) + (1-\alpha)(a_{t-1} + b_{t-1})$$

$$b_t = \beta(a_t - a_{t-\pi}) + (1-\beta)b_{t-1}$$

$$s_t = \gamma(x_t/a_t) + (1-\gamma)s_{t-\pi}$$

4. 天然气产量的预测与分析

4.1. 判断时间序列平稳性

首先对收集的时间序列数据判断其平稳性, 从每月天然气产量时序图(图 1)可以看出, 月天然气产量以年为周期呈现出规则的周期性, 并且有明显的逐年递增的趋势, 显然该序列一定是非平稳的。

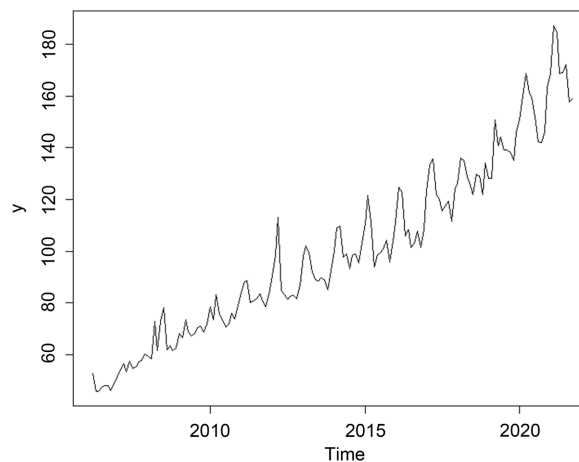


Figure 1. Timing chart of monthly natural gas production

图 1. 每月天然气产量序列时序图

同时观察该序列的自相关图(图 2), 可以看出, 自相关系数成周期性下降, 存在明显的非平稳特征。

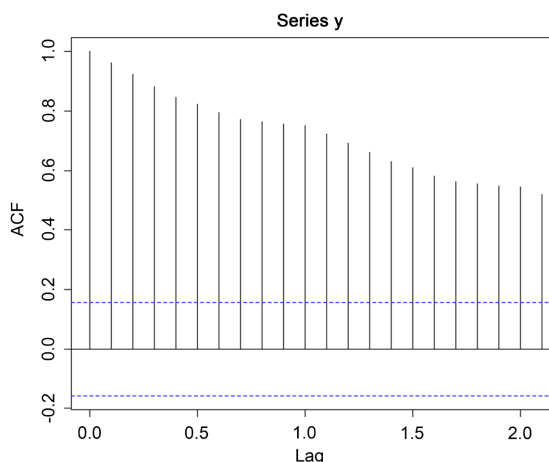


Figure 2. Autocorrelation plot of monthly natural gas production

图 2. 每月天然气产量自相关图

由表 1 中单位根检验知 P 值为 0.9245，可以进一步判断原始序列是非平稳的。

Table 1. Monthly unit root test of natural gas production series

表 1. 每月天然气产量序列单位根检验

Title	Augmented Dickey-Fuller Test
Lag Order	1
Dickey-Fuller	0.8373
P-Value	0.8812

综上所述，可以准确的判断每月天然气产量序列是非平稳的，若要对数据进行建模，需要对数据进一步处理。

由于每月天然气产量序列存在明显的趋势性和周期性，故采用三参数指数平滑法对数据进行建模。每月天然气产量序列是非平稳的，因此需要对其进行一阶差分，差分结果如图 3 所示。并对差分后的序列进行平稳性检验，即单位根检验，结果如表 2 所示，可知 P 值为 0.01，通过平稳性检验，一阶差分后的序列平稳。

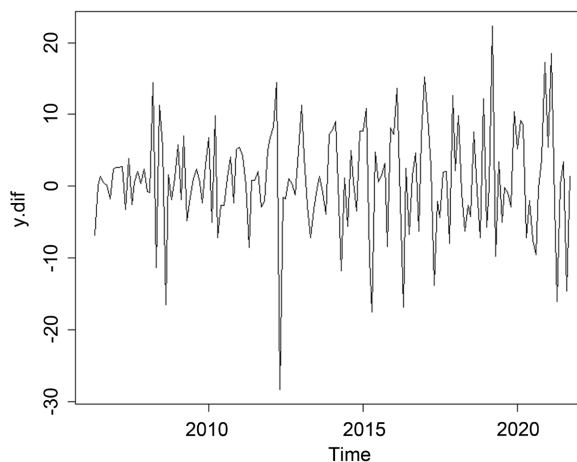


Figure 3. First-order difference diagram of monthly natural gas production

图 3. 每月天然气产量一阶差分图

Table 2. ADF test of monthly gas production after first-order difference
表 2. 每月天然气产量一阶差分后 ADF 检验

Title	Augmented Dickey-Fuller Test
Lag Order	1
Dickey-Fuller	-9.3693
P-Value	0.01

4.2. 建立三参数指数平滑模型

分别采用加法模型和乘法模型对差分后的序列进行建模，表 3 中给出两种模型的残差平方和，加法模型中残差平方和为 4404.041，而乘法模型中残差平方和为 4407.196，因此，加法模型较好。

Table 3. The residual sum of squares of the two models
表 3. 两种模型的残差平方和

Model	加法模型	乘法模型
SSE	4404.041	4407.196

采用三参数指数平滑加法模型对每月天然气产量数据进行建模，参数估计结果在表 4 中给出，由表中参数估计结果可知， $\alpha = 0.2486, \beta = 0, \gamma = 0.5107$ 。因此，三参数指数平滑模型最终形式为：

$$a_t = 0.2486(x_t/s_{t-\pi}) + 0.7514(a_{t-1} + b_{t-1})$$

$$b_t = b_{t-1}$$

$$s_t = 0.5107(x_t - a_t) + 0.4893s_{t-\pi}$$

Table 4. Model estimation results
表 4. 模型估计结果

Smoothing parameters:	
Alpha	0.2486
Beta	0
Gamma	0.5107
a	172.3704
b	0.9030
s_1	-12.1292
s_2	0.1585
s_3	2.1917
s_4	12.3469
s_5	14.4384
s_6	0.9322
s_7	0.4452
s_8	3.9094
s_9	12.7741
s_{10}	11.9275

为了进一步观察预测模型的效果，可以观察图 4 中模型的拟合图，从图中可以发现，模型的拟合趋势是大致相同，且拟合结果也非常的相近，说明三参数指数平滑模型效果较好。

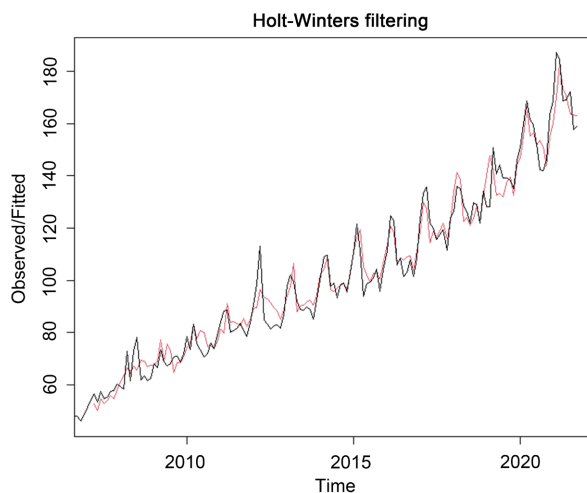


Figure 4. Model fitting graph
图 4. 模型拟合图

5. 天然气产量预测

如图 5 所示，对 2021 年 9 月、10 月、11 月和 12 月四个月份，以及 2022 年的天然气的月度产量进行预测的结果，从图 5 中可以看出，天然气的产量整体呈现逐年递增的趋势，且年初至年中产量会有所下降，而年终至年末又会有所上升，预测结果较好。所有预测结果在表 5 中展示，其中第一列为预测的时间，第二列为每月天然气产量的预测值。

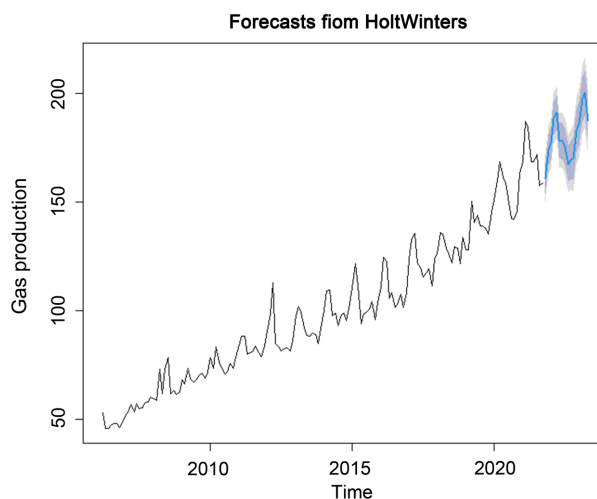


Figure 5. Forecast result
图 5. 预测结果

Table 5. Gas production forecast results

表 5. 天然气产量预测结果

Time	Forecast	Lo80	Hi80	Lo95	Hi95
2021.9	161.1442	154.0863	168.2021	150.35	171.9384
2021.10	174.018	166.7452	181.2908	162.8952	185.1408
2021.11	177.2712	169.7897	184.7528	165.8292	188.7133

Continued

2021.12	188.3295	180.645	196.0141	176.577	200.0821
2022.3	191.324	183.4416	199.2064	179.2689	203.3791
2022.4	178.7209	170.6455	186.7963	166.3707	191.0711
2022.5	178.2465	169.9826	186.5103	165.608	190.8849
2022.6	175.6852	167.2371	184.1333	162.7649	188.6055
2022.7	167.7236	159.0951	176.352	154.5275	180.9197
2022.8	169.4732	160.6681	178.2783	156.007	182.9394
2022.9	170.1745	160.3027	180.0462	155.0769	185.272
2022.10	183.0483	173.0218	193.0748	167.7141	198.3825
2022.11	186.3015	176.1226	196.4805	170.7342	201.8689
2022.12	197.3598	187.0308	207.6889	181.5629	213.1568

6. 结论与政策建议

从预测结果可以知道,我国天然气产量在逐年递增,并且每年的3月份到9月份会有一定的下降趋势,但是10月份到12月份会呈现上升趋势,这和各个月份天然气消费量有关:比如在秋冬季节,天然气使用量自然会上升,相应的产量就必须适应需求。随着天然气的广泛普及,使用天然气的家庭会越来越多,并且工业使用量也在大大增加,天然气产量就会越来越高;但是由于天然气是不可再生能源,对于天然气的开采也要适量、适当,不能没有节制的使用,否则天然气能源也会有枯竭的一天。因此,对于天然气产量的预测是非常有必要的,一方面能够很好地适应需求,另一方面也能够有效地保护天然气资源。

为了更好地对于天然气资源进行保护性使用,本文建议各个省市应当控制天然气的使用量和开采量,并且制定相关的保护条例。

三参数指数平滑法时间序列模型本身预测效果较好,本文的模型部分并没有考虑到组合优化预测模型,在之后的工作中会尝试更加复杂的模型,以便能够更好地预测天然气的产量。

参考文献

- [1] 帅训波. 一种基于指数平滑的天然气产量灰色预测模型(英文)[J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(3): 243-245+249.
- [2] 李宏勋, 王海军. 基于改进灰色模型的我国天然气产量预测研究[J]. 河南科学, 2014, 32(5): 872-876.
- [3] 李志学, 孙丹. 天然气产量季节预测模型的比较与选择[J]. 统计与信息论坛, 2009, 24(10): 24-30.
- [4] 王建良, 刘睿. 中国天然气产量中长期走势预测研究[J]. 煤炭经济研究, 2019, 39(10): 41-47.
- [5] 李治锋. 优化组合模型在天然气产量预测的应用[J]. 中小企业管理与科技(中旬刊), 2017(2): 101-102.
- [6] 王俊奇, 郑欣. 天然气产量预测的优化组合模型及其应用[J]. 西安石油大学学报(社会科学版), 2015, 24(5): 6-9.
- [7] 王洪明. 基于模糊综合评判的天然气产量最优组合预测[J]. 内蒙古石油化工, 2008(1): 47-49.