

四川天然气需求影响因素分析及灰色预测¹

邓宏伟, 刘 桥

(内江师范学院 地理与资源科学学院, 四川 内江 641100)

【摘要】：针对四川天然气需求的预测问题，研究了四川省天然气需求量与四川 GDP 增长速度，城镇人口增长等因素之间的内在联系，采用灰色模型预测了 2016 年到 2030 年四川省天然气的需求量，为天然气能源发展规划提供建议。研究认为经济的快速增长是四川天然气市场快速发展的重要支撑，城市化是推动城市燃气的一个重要因素，天然气管道基础设施建设和天然气产量的增长在推动天然气市场的发展过程中起到了重要的作用，建立的 GM (1, 1) 模型预测结果显示，2030 年将达到 606.19 亿立方米，每年以 8% 的速度增长。拟合度 $R^2=0.9309$ ，平均相对误差 6.92%。建立的 GM (1, 1) 模型具有较高的准确性和可行性。

【关键词】：天然气；四川省；需求量；影响因素；灰色预测

【中图分类号】：F2 **【文献标识码】**：A **【doi】**：10.19311/j.cnki.1672-3198.2018.24.004

1、引言

天然气作为一种清洁、高效、安全能源，在四川能源结构中占有重要地位，开发历史较为悠久如何进步提高天然气在能源中的比重，完善相关基础设施，这对研究天然气需求分析及需求量提出了要求。目前，国内外对能源需求的研究文献相对丰富，对天然气的消费量的分析和预测也是屡见不鲜。大量研究表明能源的需求量与经济增长人口数量经济结构等因素有关。Das 等发现 GDP 对天然气消费量具有显著促进作用。Apergis 等的研究发现天然气消费量和实际 GDP、实际固定资产投资总额及劳动力人数之间存在长期均衡关系，且天然气消费量与经济增长之间存在双向因果关系。周跃忠等通过分析全球及我国的天然气消费现状，认为经济发展水平天然气价格和可替代能源价格、是影响天然气消费的主要因素，并对每个影响因素进行了详细的分析。毛文晋等采用 GM (1, 1) 模型对四川省天然气需求量进行了预测分析。本文在分析四川天然气需求影响因素的基础上，通过四川省 2000~2015 年天然气消费量的历史数据建立灰色预测 GM (1, 1) 模型，得出 2016 年到 2030 年四川天然气的消费量预测值。

2、四川省能源消费现状与发展趋势

根据《四川统计年鉴》(2009~2016) 提供的能源消费量数据，计算得到主要燃料的消费增长率和消费结构，如表 1 和表 2 所示。从表 1 可以看出，四川省 2015 年能源消费总量增长了-2%，低于 2014 年的 3%，其中煤品燃料呈现负增长，说明煤品燃料的地位正在下降；水、核电，油品燃料，天然气增长稳定。

表 1 主要燃料的消费增长率

¹**【基金项目】**：四川省哲学社会科学重点研究基地——四川矿产资源研究中心项目 (SCKCZY2016-ZC02)、内江师范学院“大学生创新创业训练计划”项目资助 (X2017040)。

【作者简介】：邓宏伟 (1996-)，男，四川自贡人，本科生，主要从事自然地理方面的研究工作。

年份	能源消费总量	煤品燃料	油品燃料	天然气	水、核电
2014	3%	-6%	13%	11%	23%
2015	-2%	-11%	11%	4%	11%

从表 2 可以看出，煤品燃料消费比例从 2008 年的 65.35% 下降到 2015 年的 45.2%。随着世界范围内产业结构的调整和我国可持续发展战略的实施，四川天然气在新世纪获得了快速发展。21 世纪上半叶，世界能源结构将发生重大的变化，最主要的特征是天然气、水能和核电能将取代石油成为世界最主要的能源。

表 2 主要能源消费结构

年份	煤品燃料%	油品燃料%	天然气%	水，核电%
2008	65.35	13.96	12.25	8.68
2009	65.06	14.31	12.68	9.04
2010	61.72	14.52	15.53	9.33
2011	55.09	16.51	12.92	11.31
2012	57	16.8	12	11.2
2013	53.8	19.8	11.1	14
2014	50.1	23.2	12.9	18.1
2015	45.2	26.1	13.6	20.5

天然气已成为四川省人民生活改善、社会进步和稳定、国民经济发展不可或缺的重要元素。目前，在 2015 年四川省的用气结构中，生活消费约占 24%、天然气工业约占 62%、仓储运输占 12%，天然气发电占 3%，天然气已经渗透到全省社会生活各个领域，与民生、社会和经济休戚相关。

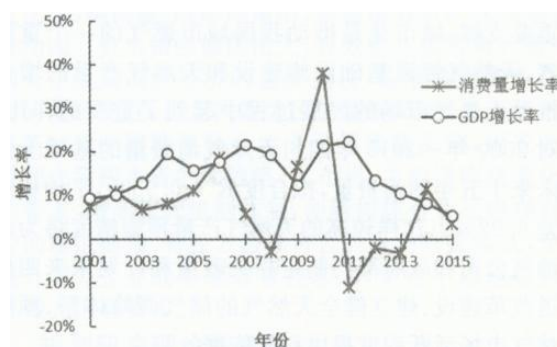


图 1 2000 年~2015 年四川 GDP 和天然气消费量增长速度变化

3、四川省天然气需求影响因素分析

3.1 经济增长对天然气需求量的影响

2000 年~2015 年四川 GDP 和天然气消费量增长速度变化如图 1 所示。从图 1 中可以看出，从 2000 年到 2015 年期间，每年

四川省 GDP 的增长率为 14%，呈高速增长模式，天然气消费量每年增长速度为 8%，这是中国改革开放后，继加入世界贸易组织，全球化的推进极大地促进了中国经济的发展。2000 年开始四川经济速度是呈快速增长阶段，而天然气的消费量增长率也是随着经济增长稳步上升；到了 2008 年全球性金融危机爆发，四川经济增长速度在 2008~2009 年急剧下降，随之天然气增长速度在 2008 年跌入谷底；经济增长在 2010 年开始复苏，对天然气的需求起到强烈的拉动，天然气消费量速度迅速反弹，达到历史最高峰。但是在 2011~2012 年增长率却剧烈下降是由于天然气产量减少，季节性需求量减少。从 2012 年到 2015 年四川省经济增长以年均 9% 的增长速度运行，经济趋于稳定，天然气消费量增长速度也不断加速。由此可见经济速度的增长对天然气的需求量影响明显。

3.2 天然气储量与年产量对需求影响

从图 2 天然气储量和产量变化图中看出，过去十多年，随着开采技术的发展，我国天然气储量快速增长，储量呈年均两位数的增长，从 2003 年的 2032.83 亿立方米到 2015 年的 12654.50 亿立方米，年均增长 17%。储量丰富，为四川经济建设提供重要的能源支撑。天然气产量从 1995 年的 76.64 亿立方米到 2015 年的 267.22 亿立方米，年均增长 7%。2015 年天然气依然保持高储量，天然气产量的增长在推动天然气市场的发展过程中也起到了重要的作用。

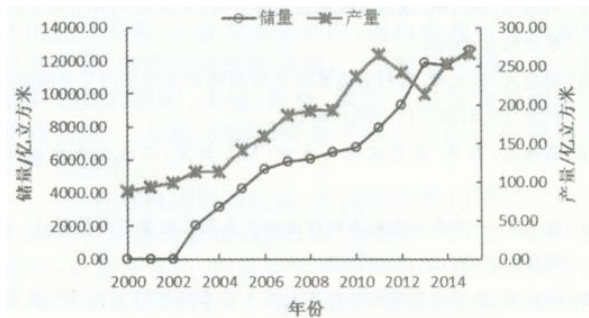


图 2 天然气储量和产量变化图

3.3 城镇人口的增加对天然气消费量的影响

天然气作为生活燃料，主要用于城市居民的生活消费，因此，天然气的消费量必然会随着城镇人口的增加而增长。自 2005 年四川城镇人口数 2710 万人到 2015 年 4066 万人，四川每年城市人口平均增加 22.72 万人，每年城市天然气平均供气总量 57.27 亿立方米，近几年城市化的进程有所加快。2005 年以后，城镇人口比重以每年 3 个百分点的速度提升，2015 年四川省城镇人口比重达到 47.68%。城市化进程的加快导致了四川省居民生活用天然气出现了较快的增长。到 2016 年，城市用气人口 1909.78 万人，城市燃气普及率到达了 91.78%。在 2005 年生活用气消费达到 21.85 亿立方米，2015 年达到 39.2 亿立方米，年均消费量速度以 15% 快速增长。以上数据表明，城市化是推动四川天然气市场发展的影响因素之一。

3.4 天然气市场发展阶段

天然气市场发展的不同阶段，天然气的消费需求也会有所不同。一般来讲，在天然气市场发展初期，由于人们对市场的信心还不足，对天然气的了解不够，这一阶段天然气的消费需求变化不大；在天然气市场发展中期市场发展较快，天然气消费需求在这一阶段会快速增长，且增长速度会越来越快；在天然气市场发展成熟阶段，由于市场日渐成熟天然气消费需求的增长将趋于平稳，增长速度将维持稳定水平。

3.5 天然气价格与管道长度

天然气消费需求在以往并不会因为天然气价格上涨而被抑制究其原因，主要是由于长期以来，一直将国有燃气企业作为政府对城市居民的一项公益事业来发展长期形成低定价，成本高于售价，再由政府对燃气企业进行补贴的不合理价格机制，很多燃气企业处于所谓“政策性亏损”的状态。因而气价总体上处于较低水平，造成天然气需求异常旺盛。另外四川天然气管道长度从2007年16342公里到2016年46267公里，年均增长速度12%，低于全国15%同期增长速度。这些基础设施比较落后，天然气利用的“最后一公里”建设存在短板。

天然气管道设施的完备与否直接影响城镇居民天然气供应能力的大小，这也对天然气开发建设和输送管网建设以及现有管网运行、维护提出了更高的要求。而天然气开发和建设以及天然气管路输送是一个相当复杂的工程，它包含了井场上气井的规模和布置以及许多生产环节和相应的开发措施，而且涉及到矿场配气管路系统和城市管网系统的建设和生产。建立既有较高的经济效益，又能满足现在和将来天然气消费的系统工程是目前各个油气公司所追求的目标，也是政府部门制定相关政策和计划的基础。

4、四川省天然气需求灰色预测

4.1 GM (1, 1) 模型的建模原理

令 $x^{(0)}$ 为 GM (1, 1) 模型的建模原始序列：

$$X^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)) \quad (1)$$

其一次累加序列为：

$$X^{(1)} = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n)) \quad (2)$$

定义 1.1

$$x^{(0)}(k) + a z^{(1)}(k) = b \quad (3)$$

为 GM (1, 1) 模型的灰微分方程，即 GM (1, 1) 模型的定义型。式中，a 为发展系数，b 为灰作用量， $z^{(1)}(k) = 0.5 (x^{(1)}(k) + x^{(1)}(k-1))$ 。

以最小二乘法确定参数：

$$[a \quad b]^T = (B^T B)^{-1} B^T Y \quad (4)$$

式中

$$B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix}, Y = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \vdots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix} \quad (5)$$

GM (1, 1) 模型的白化方程为：

$$\frac{dx^{(1)}(t)}{dt} + ax^{(1)}(t) = b \quad (6)$$

GM (1, 1) 模型的时间响应式为:

$$\hat{x}^{(1)}(k) = (x^{(1)}(1) - \frac{b}{a}) e^{-a(k-1)} + \frac{b}{a} \quad (7)$$

还原值为:

$$\begin{cases} \hat{x}^{(0)}(1) = x^{(0)}(1) \\ \hat{x}^{(0)}(k) = (1 - e^a)(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a}) e^{-a(k-1)}, k = 2, 3, \dots, n \end{cases} \quad (8)$$

4.2 四川省天然气消费量预测

四川省 2000~2015 年天然气消费量, 见表 3, 以 16 年的历史数据建立 GM (1, 1) 模型并进行灰色预测, 并且对预测结果进行相对误差分析, 结果见表 3。

表 3 2000~2015 年天然气消费量预测及相对误差

序号	年份	实际值/ (10 ⁹ /m ³)	预测值/ (10 ⁹ /m ³)	相对误差
1	2000	58.67	61.63	5.05%
2	2001	63.07	66.51	5.46%
3	2002	69.96	71.78	2.60%
4	2003	74.68	77.46	3.73%
5	2004	80.64	83.60	3.67%
6	2005	89.52	90.22	0.78%
7	2006	106.08	97.36	8.22%
8	2007	112.15	105.07	6.32%
9	2008	108.94	113.39	4.08%
10	2009	126.99	122.36	3.64%
11	2010	175.39	132.05	24.71%
12	2011	156.08	142.51	8.70%
13	2012	153.00	153.79	0.52%
14	2013	148.30	165.97	11.91%
15	2014	165.30	179.11	8.35%
16	2015	170.98	193.29	13.05%

从表 3 中的结果可以得出, 平均相对误差 6.92%, 并且建立的 GM (1, 1) 模型, 拟合精度 R²=0.9309。因此, 本文所建立的天然气消费量 GM (1, 1) 模型理论上是有效的。

表 4 是对 2016 年到 2030 年四川天然气消费量的预测结果，预计 2030 年将达到 606.19 亿立方米，每年以 8%速度增长。

表 4 2016~2030 年四川天然气消费量预测

年份	预测量/ (10 ⁹ /m ³)	年份	预测量/ (10 ⁹ /m ³)
2016	208.60	2024	383.75
2017	225.11	2025	414.14
2018	242.94	2026	446.93
2019	262.17	2027	482.31
2020	282.93	2028	520.50
2021	305.33	2029	561.72
2022	329.51	2030	606.19
2023	355.60		

5、结 论

在天然气需求影响因子分析中经济发展、天然气储量和产量的增长和城镇人口增长起到重要作用，研究认为：经济的快速增长是四川天然气市场快速发展的重要支撑，城市化是推动我国城市燃气的一个重要因素，天然气管道基础设施建设和天然气产量的增长在推动天然气市场的发展过程中起到了重要的作用。在对 2000 年~2015 年四川天然气消费量的基础上预测未来十五年的消费量，拟合度 $R^2=0.9309$ ，平均相对误差 6.92%。这样较高的天然气产量预测精度将为各个油气公司和政府部门制定相关政策和计划未来四川管道改革建设、建立健全天然气的储气调峰体系、预测天然气市场活跃程度提供科学依据。

[参考文献]:

[1]卢全莹，柴建，朱青，等.天然气消费需求分析及预测[J].中国管理科学，2015，23（S1）：823-829.

[2]Das A, McFarlaneAA, Chowdhury M. The dynamics of natural gas consumption and GDP, in Bangladesh[J], Renewable and sustainable Energy reviews, 2013, 22（8）：269-274.

[3]Apergis, N, Payne J ENatural, gas, consumption and economicgrowth: A panel in vestigation of 67 countries, [J].Applied Energy, 2010, 87（8）：2759-2763.

[4]周跃忠，李婷.天然气消费影响因素探究[J].商业现代化，2008，553（10）：187-188.

[5]刘思峰，谢乃明.灰色系统理论及其应用（第四版）[M].北京：科学出版社，2000.

[6]谢建文，张元标.农村电力系统负荷预测方法研究[J].安徽农业科学，2008，36（21）：8870-8871.

[7]易德生，郭萍.灰色理论与方法[M].北京：石油工业出版社，1992：30-33.

[8]张友泉.一种基于灰色系统理论的中长期需电量预测模型[J].电网技术，1999，23（8）：47-50.

-
- [9]林红垒. 基于灰色理论的世界天然气需求预测[J]. 天然气技术, 2007, (4): 7-81.
- [10]阙飞强. 浅析天然气消费需求影响因素[J]. 工业设计, 2011, (11): 149.
- [11]刘思峰, 党耀国, 方志耕. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2004.