

# 基于灰色理论的我国农村能源消费的预测研究

石 波,王效华

(南京农业大学 工学院,江苏 南京 210031)

**摘要:**农村能源是农村经济发展的基石,对农村能源消费科学、合理的预测,可为制定农村能源政策提供依据。采用灰色理论中的 GM(1,1)模型对我国农村能源消费量以及所占总能源消费比例进行预测,2015 年我国农村能源消费量将达到 14.1 亿 t 标准煤、所占总能源消费比例将达到 23.76%,其相对误差和后验差检验均合格,最后对农村能源发展提出了政策建议。

**关键词:**农村能源;能源消费;灰色理论;GM(1,1)模型

**中图分类号:**F323.214

**文献标识码:**A

**文章编号:**1002-2767(2012)03-0065-03

中国是一个人口大国、农业大国,农村地区的能源消费具有举足轻重的地位,农村能源消费问题也一直是学术界关注的焦点之一。目前,有诸多的学者、专家对农村能源消费进行了相关的研究。王效华等对中国农村家庭能源消费进行回顾与展望,将农村能源消费划分为严重缺能阶段、基本满足阶段和商品化阶段,为认识农村家庭能源消费发展规律提供了依据<sup>[1]</sup>。陈晓夫等基于我国农村能源行业在新形势下取得的进展进行统计分析,指出了发展中面临的问题和障碍,并对行业的可持续发展提出了建议 and 对策<sup>[2]</sup>。王长波等对中国农村能源消费的碳排放进行核算,表明中国农村能源消费的 CO<sub>2</sub>排放量在全国总排放中所占比重为 40%~60%<sup>[3]</sup>。师华定等采用排放系数法,估算了 1980~2004 年时段我国农村能源消费的 CO<sub>2</sub> 及主要污染物的排放量,并对农村能源消费模式及环境效应进行分析<sup>[4]</sup>。程胜基于混沌-神经网络时间序列的农村能源消费预测研究,对农村能源消费进行了预测<sup>[5]</sup>。这些研究对于推动农村能源问题研究起到了积极的作用,但是其研究的方向主要集中于农村能源消费结构、政策以及对农村环境的影响,对农村能源消费的科学预测研究较少。

自从改革开放以来,农村能源消费不仅在结构与品种上发生了巨大的变化,能源消费总量也

发生着巨大的变化,据有关的统计资料表明:1980 年农村能源消费总量为 32 800 万 t 标煤,2006 年增加到 91 332 万 t 标煤。要使农村能源消费健康、可持续发展,必须要进行科学、可靠的预测,该文基于每年的农村能源消费数据,采用灰色理论中的 GM(1,1)模型对农村能源消费中的能源总量以及所占全国总能源消费的比例进行中长期预测,探索农村能源消费存在的一般性规律,并为制定农村能源政策提供依据。

## 1 GM(1,1)模型的建立

### 1.1 灰色理论简介

灰色理论是邓聚龙教授于 20 世纪 80 年代提出来的,它是一种对含有不确定因素的系统进行预测的方法。灰色理论以“部分信息已知,部分信息未知”的“小样本”“贫信息”不确定性系统为研究对象,通过对“部分”已知信息的生成、开发,提取有价值的信息,对现实事件进行确切的描述<sup>[6]</sup>。农村能源消费是一个复杂、不确定的灰色系统,它受自然条件、国家宏观政策等影响,其消费数量的因素表现出明显的灰色性。因此可以将农村能源消费当作一个灰色系统来进行研究,并引入灰色预测理论中的 GM(1,1)进行预测研究。

### 1.2 GM(1,1)模型

GM(1,1)模型是通过对系统因素之间的关联度分析,对原始数据进行累加和累减的处理生成具备较强规律性的数据序列,进而建立相应的微分方程模型,从而预测未来的发展趋势。GM(1,1)模型的建立与求解如下<sup>[7]</sup>:

1.2.1 生成新的数列 设原始数据序列为:

$$X^{(0)} = \{X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), X^{(0)}(3), \dots, X^{(0)}(n)\}$$

对原始数据进行一阶累加生成  $x^{(1)} =$

收稿日期:2011-12-13

基金项目:南京农业大学 SRT 计划基金资助项目(1135B07)

第一作者简介:石波(1990-),男,重庆市铜梁县人,在读学士,从事数据分析与应用研究。E-mail: shibodengge@163.com。

通讯作者:王效华(1959-),男,江苏省东台市人,学士,教授,硕士生导师,从事农村能源和可再生能源研究。

$\sum_{i=1}^k x^{(0)}(k) \quad k=1,2,3,\dots,n$ , 得到新的生成数列:

$$X^{(1)} = \{x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), x^{(1)}(3), \dots, x^{(1)}(n)\}$$

1.2.2 构建矩阵和向量 构造累加矩阵 B 和数据向量 Y, 即:

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}[x^{(1)}(1) + x^{(1)}(2)] & -\frac{1}{2}[x^{(1)}(2) + x^{(1)}(3)] & \cdots & -\frac{1}{2}[x^{(1)}(n-1) + x^{(1)}(n)] \\ 1 & 1 & \cdots & 1 \end{bmatrix}^T$$

$$Y = [x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(n)]^T$$

1.2.3 建立预测模型 用最小二乘法求发展灰数  $\alpha$  和内生控制灰数  $\mu$

$$\hat{\alpha} = \begin{pmatrix} \alpha \\ \mu \end{pmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T Y$$

GM(1,1) 预测模型的一般形式为微分方程:

$$\frac{dX^{(1)}}{dt} + \alpha X^{(1)} = \mu$$

预测值为:  $\hat{X}^{(1)}(k+1) =$

$$\left[ X^{(0)}(1) - \frac{\mu}{\alpha} \right] e^{-\alpha k} + \frac{\mu}{\alpha} \quad (k=0,1,2,\dots,n)$$

还原值为:  $\hat{X}^{(0)}(k+1) = \hat{X}^{(1)}(k+1) - \hat{X}^{(1)}(k) \quad (k=0,1,2,\dots,n)$

## 2 预测结果及检验

对中国农村能源统计年鉴的数据进行整理, 得到 1999~2006 年每年的农村能源消费总量以及所占总能源消费的比例, 采用灰色模型进行预测, 并利用 matlab7.1 求解出预测结果(见表 1), 并对模型进行相应的检验。

表 1 农村能源消费量及其预测结果

Table 1 Consumption of rural energy and its prediction

年份 Year	农村能源消费量/万吨标准煤 Consumption of rural energy	预测量/万吨标准煤 Prediction account	相对误差/% Relative error	占总能源消费的比例 /%Rate	预测量/万吨标准煤 Prediction account	相对误差/% Relative error
1999	63032	63032	0	47.1	47.1	0
2000	67047	69296	3.35	48.39	52.2519	3.86
2001	72603	72652.92	0.07	50.70	49.5779	1.12
2002	78280	76171.97	2.69	51.57	47.0408	4.53
2003	81164	79861.48	1.60	46.38	44.6335	1.75
2004	83897	83729.69	0.19	41.28	42.3493	1.07
2005	86983	87785.26	0.92	38.71	40.1821	1.47
2006	91332	92037.27	0.77	37.09	38.1258	1.04
2007		96495.23			36.1747	
2008		101169.1			34.3235	
2009		106069.4			32.5670	
2010		111207			30.9003	
2011		116593.5			29.3190	
2012		122240.9			27.8186	
2013		128161.8			26.3950	
2014		134369.5			25.0442	
2015		140877.9			23.7626	

相对误差: 预测的平均相对误差  $\bar{\Phi}/\% =$

$$\sum_{i=1}^8 \left| \frac{X^{(0)}(i) - \hat{X}^{(0)}(i)}{X^{(0)}(i)} \right| \times 100, \text{ 计算而得}$$

的结果分别为 1.2% 和 1.48%。

后验差检验: (1) 计算原始序列  $X^{(0)}$  的标准

$$\text{差}, S_1 = \sqrt{\frac{\sum [X^{(0)}(i) - \bar{X}^{(0)}]^2}{n-1}}$$

(2) 计算残差  $\Delta^{(0)}$  的标准差,  $S_2 =$

$$\sqrt{\frac{\sum [\Delta^{(0)}(i) - \bar{\Delta}^{(0)}]^2}{n-1}}$$

(3) 计算方差比,  $C = \frac{S_1}{S_2}$

(4) 计算小误差概率:

$$P = p\{|\Delta^{(0)}(i) - \bar{\Delta}^{(0)}| < 0.6745 S_1\}$$

令  $e_i = |\Delta^{(0)}(i) - \bar{\Delta}^{(0)}|$ ,

$S_0 = 0.6745S_1$ , 则  $P = p\{e_i - S_0\}$ 。

结果分别为  $p_1 = 1.000$ ,  $C_1 = 0.136$  和  $p_2 = 0.875$ ,  $C_2 = 0.460$ 。

相对误差与后验差检验的结果均合格,表明该预测模型具有较好的预测精度,可用于对农村能源消费总量及其占总能源消费的比例的预测。

这一预测的结果表明,农村能源消费总量呈上升的趋势,平均年增长率为 5.16%,2015 年我国农村能源消费量将达到 14.1 亿 t 标准煤;农村能源占我国总能源消费的比例总体呈下降趋势,每年以 4.11% 的速度下降,2015 年所占的比例为 23.76%。在当今国际、国内能源紧缺,农村能源需求量不断扩大,而商品能源的供给却不断下降的形势下,新农村建设所面临的能源问题日益突出,势必会进一步增大农村地区能源供给缺口,给农村经济以及农民生活水平提高带来巨大的挑战,阻碍农村经济的发展。

### 3 结论及建议

基于灰色系统理论的农村能源消费预测有很好的预测精度和较高的应用价值。根据预测的结果,就我国农村能源的发展提出了相应建议:首先,农村能源应纳入我国能源发展体系中去,这也有利于实现能源公平。农村能源长期处于国家能源框架之外,阻碍了农村经济发展。其次,加大可

再生能源的开发。可再生能源包括生物质能源、太阳能、光能和沼气等。对这些能源的开发利用,可直接地、大量地、稳定地增加对农村能源的供应,进而从根本上解决农村能源紧缺问题。再次,国家应加大对农村能源的资金与技术投入。农村能源的发展需要有充足的财力与科学技术作为支撑。只有走科技创新之路,才能更快、更好地解决农村能源问题。最后,农村能源的发展一定要兼顾环境,走可持续发展路线,不要顾此失彼,一味强调能源的发展而忽略了农村环境,一定要有长远的战略眼光。

### 参考文献:

- [1] 王效华,冯祯民. 中国农村家庭能源消费阶段划分研究[J]. 中国沼气,2001,19(1):46-49.
- [2] 陈晓夫,肖潇,王正元,等. 2009 年中国农村能源行业发展现状[J]. 可再生能源,2010,28(4):1-4.
- [3] 王长波,张力小,栗广省,等. 中国农村能源消费的碳排放核算[J]. 农业工程学报,2010,27(1):6-11.
- [4] 师华定,齐永青,刘韵,等. 农村能源消费的环境效应研究[J]. 中国·人口资源与环境,2010,20(8):148-153.
- [5] 程胜. 基于混沌-神经网络时间序列的农村能源消费预测研究[J]. 农业技术经济,2009(3):67-71.
- [6] 关勇,麻永建,朱诚. 我国国内旅游需求影响因素分析及规模预测[J]. 河南科学,2007,25(3):513-516.
- [7] 邓聚龙. 灰色理论基础[M]. 武汉:华中科技大学出版社,2002.
- [8] 孙智勇,刘星. 税收增长预测的灰色理论模型研究[J]. 重庆大学学报,2010,16(3):41-45.

## Prediction of China's Rural Energy Consumption Based on the Gray Theory

SHI Bo, WANG Xiao-hua

(Engineering College of Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210031)

**Abstract:** The rural energy is the cornerstone of the development of rural economy, the scientific and reasonable prediction on rural energy consumption could provide a basis for making the rural energy policy. The GM(1,1) model of the grey theory was used to predict China's rural energy consumption as well as the proportion of total energy consumption ratio, in 2015 China's rural energy consumption would reach 14.1 tons of standard coal, the total energy consumption ratio would reach 23.76%, the relative error and posteriori test all qualified, finally, it provide policy proposal or rural energy development offer.

**Key words:** rural energy; energy consumption; grey theory; GM(1,1) model