

居民阶梯气价制度实施效果评价

谢青青¹ 周淑慧² 曹 跃³

1. 中国石油大学(北京)机械与储运工程学院, 北京 102249;

2. 中国石油规划总院, 北京 100083;

3. 中国石油大学(北京)化学工程学院, 北京 102249

摘 要:为确保居民阶梯气价制度的实施成效,也为尚未实行居民阶梯气价的区域提供参考依据,有必要评价当地居民阶梯气价制度的优劣。在国内阶梯水价与阶梯电价相关研究的基础上,对我国居民阶梯气价的实行现状进行了分析,运用数理统计学模型和模糊综合评价法评价居民阶梯气价制度的优劣。研究表明:可以用正态分布模型来确定居民阶梯气价能否保证 80 % 居民家庭的用气量平稳;在考虑多因素的基础上,应用模糊综合评价法进一步评价居民阶梯气价制度优劣;最后提出有关居民阶梯气价制度制定和后期优化的建议。

关键词:居民用气;阶梯气价;正态分布;模糊综合评价法

DOI:10.3969/j.issn.1006-5539.2015.05.022

0 前言

随着天然气开发以及国内天然长输管道工程的发展,天然气作为优质、高效的一次性能源在我国的居民生活能源中占有重要地位^[1]。然而目前居民气价制度还不合理,导致居民用气浪费,存在商业用气对居民用气的气价补贴,居民阶梯气价制度的出台能较好地控制这种情况^[2]。2014 年 3 月颁布的居民《阶梯气价指导意见》根据居民基本生活需求和非基本生活需求将居民用气量划分为三档:第一档和第二档用气量分别按照覆盖区域内 80 % 和 95 % 居民家庭用户的月均用气量来确定,第三档用气量为超出第二档的用气部分,各档具体的气量和气价由各地结合实际情况确定^[3]。

现阶段,我国居民阶梯气价制度处于试水阶段,由于缺乏相关数据,还未深入研究阶梯气价实施后所带来的效益。本文借鉴阶梯水价、阶梯电价的研究经验,结合天然气的供应特征评价居民阶梯气价制度的优劣。运用数理统计学模型和模糊综合评价法,在数据采集的基础上,解决了在评价居民阶梯气价制度优劣时需要考虑的两个问题:特定地区现行阶梯气价是否能保证 80 %

居民家庭的居民用气量平稳;如何综合评价特定地区居民阶梯气价制度的优劣。最终,针对各地实行的居民阶梯气价制度,提出了完善制度的建议,以期为评价居民阶梯气价实施效益提供参考^[4]。

1 居民阶梯气价的评价标准

评价居民阶梯气价制度优劣前,需要确定居民阶梯气价的评价标准。

1)居民天然气费用支出^[5]。气价要在居民可接受范围内,不影响居民的正常生活。

2)能源节约利用程度。居民阶梯气价制度要使居民尽可能地减少用气量,达到节约的目的。

3)供气公司效益。居民阶梯气价制度要保证供气公司盈利,改变天然气公司亏损局面。

4)资源使用公平性。一方面,提高用气较多的高收入人群用气均价,减少对其气价的补贴;另一方面,居民生活用气供应成本高,但售价低,居民阶梯气价制度需要在一定程度上减少其他类型用户对居民用气的补贴。

对居民阶梯气价的效果进行定量评估时,需要考虑

收稿日期:2015-01-10

作者简介:谢青青(1990-),女,安徽安庆人,硕士研究生,主要从事天然气市场工作。

多元因素。借鉴已有的阶梯电价评价指标体系,初步确定居民阶梯气价多维效益评价指标体系^[6],见表1。

表1 居民阶梯气价多维效益评价指标体系

供气方指标	居民用户方指标	社会效益指标
售气收益增长率	居民用气降低率	环保成本节约率
峰荷容量降低量	居民用气需求弹性	资源使用公平性
可弥补的购气成本损失	居民用气满意度	-

2 数理统计学模型

数理统计学模型的优点:样本构成简单、现状值区间估计准确、建模求解过程简洁,便于评价居民阶梯气价制度后期效益。该模型用来确定特定地区居民阶梯气价制度能否保证80%居民家庭用气量的平稳,是评价居民阶梯气价制度优劣的一个标准。

2.1 数据采集

需要采集的数据主要是特定地级市每户近一年内每月用气量,随机抽取居民年天然气消耗量数据作为样本^[7]。抽样时应注意抽样地区应覆盖全市,包括不同住房类型、收入水平、人口结构的城市燃气居民用户。

2.2 模型建立

由于统计样本多,且居民生活月天然气消耗量是随机变量,文献^[7-8]指出,根据随机抽取的居民生活月天然气消耗样本,可证明居民生活月天然气消耗量的数据总体服从正态分布。2006年刘丽珍^[9]调查了普通住宅的居民全年人均用气量分布情况,并根据筛选后得到的用气量数据绘制了直方图,利用数理统计理论验证了居民生活年天然气消耗量的数据呈正态分布。所以在分析特定地区现行居民阶梯气价是否能保证80%居民家庭用气量平稳时,可以建立一个正态分布的概率密度函数,计算上限值在阶梯气价第一档的概率,该概率作为衡量阶梯气价实施效益指标之一。概率密度函数式^[9-10]:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

式中: $f(x)$ 为用气量为 x 的用户数在总用户数中所占比例; σ 为样本标准差; μ 为平均每户的用气量均值, $\text{m}^3/(\text{户}\cdot\text{月})$ 。

整理抽取的样本数据,进一步用每户每月平均用气量为样本点进行的研究。分析上述数据,得平均每户的月用气量均值 μ ,通过计算分析样本标准差 σ ,并进行模型求解得到最终模型。

根据每个地区的第一档月用气量 X 值,利用概率密度计算方法计算累计分布函数 $F(x)$,代入数据计算概率:

$$F(x) = P\{x = X\} = F\left(\frac{X-\mu}{\sigma}\right) \quad (2)$$

若 $F(x) > 80\%$,则实际居民家庭用气量的覆盖率大于居民阶梯气价的覆盖率,即当地实行的居民阶梯气价可以保证80%居民家庭用气量的平稳,说明当地居民阶梯气价制度可取,但还要运用模糊综合评价法进一步研究该制度的优劣。

3 模糊综合评价法

模糊综合评价法是一种基于模糊数学的综合评价方法,根据模糊数学的隶属度理论将定性评价转化为定量评价。模糊综合评价法具有结果清晰、系统性强的特点,能较好地解决难量化的问题,适用于解决各种非定性问题^[11]。

3.1 确定论域和权向量

评价某地区居民阶梯气价制度的优劣需要考虑诸多因素,本文考虑该制度对居民天然气费用支出、能源节约利用程度、供气公司效益和资源使用公平性的影响,但这些因素对评判制度优劣的影响程度不同,影响效果不确定,确定其对居民阶梯气价的影响程度可采用专家经验法。由于不同地区的居民阶梯气价制度不同,应当分地区对相关因素进行分析,本文假设影响程度的大小为:居民天然气费用支出>能源节约利用程度>供气公司效益>资源使用公平性,四个评判因素构成论域 U :

$$U = \{u_1, u_2, u_3, u_4\} \quad (3)$$

式中: u_1 为居民天然气费用支出; u_2 为能源节约利用程度; u_3 为供气公司利益; u_4 为资源使用公平性。

确定各因素权重大小时,运用成对比较法来计算。通过对因素集合 U 中的因素两两比较,最终确定权重。比较结果有三种: y 比 z 重要,则 y 赋值1, z 赋值0; y 与 z 同等重要,则 y, z 都赋值0.5; z 比 y 重要,则 y 赋值0, z 赋值1(y, z 代表各种因素 u_1, u_2, u_3 和 u_4)。通过该方法计算各因素权重值见表2(u_5 为增设的虚拟因素)。

表2 各因素权重值计算结果

-	u_1	u_2	u_3	u_4	u_5	比较值总和	权重
u_1	-	1	1	1	1	4	0.4
u_2	0	-	1	1	1	3	0.3
u_3	0	0	-	1	1	2	0.2
u_4	0	0	0	-	1	1	0.1
u_5	0	0	0	0	-	0	0

权重反映了各因素的重要程度,权重集合权向量记为 A :

$$A = \{a_1, a_2, a_3, a_4\} = \{0.4, 0.3, 0.2, 0.1\} \quad (4)$$

式中: $a_1、a_2、a_3、a_4$ 分别为 $u_1、u_2、u_3、u_4$ 四种因素的重要程度。

确定权重集合权向量的方法较简单,若要精确,可以将赋值细化,如赋值 0.8、0.6 等。

3.2 构建评语集

确定评语等级论域 V ,该评价集合是评价者对评价对象可能做出的各种总评价结果组成的集合:

$$V = \{v_1, v_2, v_3, v_4\} = \{\text{优,良,中,差}\} \quad (5)$$

3.3 多因素模糊评价

在进行多因素模糊评价前,需要先评价单因素模糊,即评价单独一个因素,确定评价对象对评价集合 V 的隶属程度。在构造等级模糊子集后,逐个对被评价对象从每个因素 $u_i (i=1,2,3,4)$ 上进行量化,确定从单因素来看被评价对象对各等级模糊子集的隶属度,得到模糊关系矩阵^[12],建立合适的隶属度函数构建评价矩阵。通过对各个因素模糊评价获得模糊综合评价矩阵:

$$R = \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ R_3 \\ R_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & r_{14} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & r_{24} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & r_{34} \\ r_{41} & r_{42} & r_{43} & r_{44} \end{bmatrix} \quad (6)$$

式中: R 为模糊评价矩阵;各个行向量 $R_i = (r_{i1}, r_{i2}, r_{i3}, r_{i4})$ 为第 i 个因素 u_i 的单因素评价, $r_{ij} (i=1,2,3,4; j=1,2,3,4)$ 表示 u_i 在第 j 个评语 V_j 上的隶属度。 r_{ij} 通常由专家或与评价问题相关的专业人员依据评判等级对评价对象打分,然后统计打分结果,根据绝对值减数法求得。

求得 R 矩阵后,将权重集合权向量 A 与模糊关系矩阵 R 合成得到各被评价对象的模糊综合评价结果向量 B 。根据最大隶属度原则确定居民阶梯气价制度的等级。例如,通过对南京阶梯气价实行效果的分析,经过打分得到各评判因素实施效果的对评价结果的隶属程度,模糊综合评价矩阵如下:

$$R = \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ R_3 \\ R_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & r_{14} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & r_{24} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & r_{34} \\ r_{41} & r_{42} & r_{43} & r_{44} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.2 & 0.5 & 0.2 & 0.1 \\ 0.8 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.6 & 0.3 & 0.1 & 0 \\ 0.3 & 0.2 & 0.4 & 0.1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

居民阶梯气价制度的综合评价结果向量计算如下:

$$\begin{aligned} B &= A \times R = [0.4 \quad 0.3 \quad 0.2 \quad 0.1] \\ &\times \begin{bmatrix} 0.2 & 0.5 & 0.2 & 0.1 \\ 0.8 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.6 & 0.3 & 0.1 & 0 \\ 0.3 & 0.2 & 0.4 & 0.1 \end{bmatrix} \\ &= [0.47 \quad 0.34 \quad 0.14 \quad 0.05] \end{aligned} \quad (8)$$

根据最大隶属度原则,该居民阶梯气价制度总体属于“优”级。

4 结论

要实现居民阶梯气价的效益,居民阶梯气价的设计必须在遵循指导意见的前提下,均衡居民、供气公司以及社会等方面利益。在设计居民阶梯气价的同时,应当考虑居民承受能力、能源稀缺性、居民用气需求、供气公司的利益、能源使用公平性、居民用气季节差异性、气价调整的实效性等因素。本文评价居民阶梯气价制度的优劣采取的研究方法综合考虑了多个因素,运用数理统计理论和模糊综合评价法得出居民阶梯气价制度的评定方法,为探索居民阶梯气价制度的评价迈出了第一步。

随着居民阶梯气价制度实施逐渐成熟,获取的数据更充分,还需要对居民阶梯气价的分档次数、分档气量和分档气价进行优化,利用相关软件分析不同城市 GDP、CPI 和分档气量的关系,达到优化居民阶梯气价制度的目的。目前,气和电不论在输送过程中还是在终端使用中都存在很多共性,因此可以借鉴阶梯电价的优化方法,进行居民阶梯气价的优化。

参考文献:

- [1] 刘增浩. 2001 年世界天然气市场回顾及未来展望[J]. 中国能源, 2002, 6(7): 31-34.
Liu Zengjie. Review and Future Prospect of World Natural Gas Market in 2001[J]. Energy of China, 2002, 6(7): 31-34.
- [2] 马新芝, 周勋英. 关于实施居民生活用气阶梯价格的探索与体会[J]. 城市燃气, 2013, 9(463): 31-34.
Ma Xinzhi, Zhou Xunying. Exploration and Experience in Pushing Forward Tiered Pricing for Household Gas [J]. Urban Gas, 2013, 9(463): 31-34.
- [3] 李 慧, 冯 蕾. 居民阶梯气价制度如何推行[N]. 光明日报, 2014-03-22(2).
Li Hui, Feng Lei. How to Push Forward Tiered Pricing for Household Gas [N]. Guangming Daily, 2014-3-22(2).
- [4] 宋艺航. 我国居民生活用电阶梯电价设计优化模型[D]. 北京: 华北电力大学, 2011.
Song Yihang. Optimization Model for Design of Tiered Pricing for Household Electricity in China [D]. Beijing: North China Electric Power University, 2011.
- [5] 王莉芳, 陈春雪, 熊 霆. 城市居民用水阶梯水价计量模型及应用[J]. 长江科学院院报, 2011, 28(5): 5-10.
Wang Lifang, Chen Chunxue, Xiong Ting. An Econometric Model of Multistep Water Pricing for Urban Household Water

- Consumption and Its Application [J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2011, 28 (5): 5-10.
- [6] 吴建宏. 基于社会均衡的居民阶梯电价定价模型及制度模拟研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2013.
- Wu Jianhong. Pricing Model of Tiered Electricity Pricing For Residents and Policy Simulation Based on Social Equilibrium [D]. Beijing: North China Electric Power University, 2013.
- [7] 马迎秋. 居民生活用气量指标模型研究[J]. 煤气与热力, 2010, 30(4): 39-42.
- Ma Yingqiu. Study on Model for Domestic Gas Consumption Index [J]. Gas & Heat, 2010, 30 (4): 39-42.
- [8] 张蔚东, 方育渝, 李恩山. 居民燃气消耗量的随机分析[J]. 燃气与热力, 1989, 9(1): 34-39.
- Zhang Weidong, Fang Yuyu, Li Enshan. Stochastic Analysis on Household Gas Consumption [J]. Gas & Heat, 1989, 9 (1): 34-39.
- [9] 刘丽珍. 北京市天然气居民用气规律及负荷指标的调查研究[D]. 北京: 北京建筑大学, 2006.
- Liu Lizhen. Investigation and Study on Domestic Natural Gas Use Rule and Index in Beijing [D]. Beijing: Beijing University of Architecture, 2006.
- [10] 朱柯丁, 宋艺航, 谭忠富, 等. 居民生活阶梯电价设计优化模型[J]. 华东电力, 2011, 39(6): 862-867.
- Zhu Keding, Song Yihang, Tan Zhongfu, et al. Design Optimization Model for Tiered Pricing of Household Electricity Consumption [J]. East China Electric Power, 2011, 39 (6): 862-867.
- [11] 谢季坚, 刘承平. 模糊数学方法及其应用[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2013.
- Xie Jijian, Liu Chengping. Fuzzy Mathematics Method and Its Application [M]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 2013.
- [12] 李士勇. 模糊控制[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2011.
- Li Shiyong. Fuzzy Control [M]. Harbin: Harbin Institute of Technology Press, 2011.

(上接第 65 页)

- [3] 张成果. CO₂ 驱油集输管线缓蚀剂性能评价及现场加注工艺研究[D]. 大庆: 东北石油大学, 2013.
- Zhang Chengguo. CO₂ Flooding Performance Evaluation of the Gathering Pipeline Corrosion Inhibitor and Site Filling Technology Research [D]. Daqing: Northeast Petroleum University, 2013.
- [4] 李悦钦, 王亚丽, 古丽, 等. 某凝析气田 L 245 集输管线失效原因分析[J]. 腐蚀与防护, 2012, 33 (11): 1028-1031.
- Li Yueqin, Wang Yali, Gu Li, et al. Failure Analysis of L 245 Pipeline in a Gas Condensate Field [J]. Corrosion & Protection, 2012, 33 (11): 1028-1031.
- [5] 严永华. 基于格子 Boltzmann 方法的自由面流动数值研究[D]. 上海: 上海市应用数学和力学研究所, 2011.
- Yan Yonghua. Free Surface Flow Numerical Study Based on Lattice Boltzmann Method [D]. Shanghai: Shanghai Institute of Applied Mathematics and Mechanics, 2011.
- [6] Li C. Effect of Corrosion Inhibitor on Water Wetting and Carbon Dioxide Corrosion in Oil-water Two-phase Flow [D]. Athens: Ohio University, 2009.
- [7] 徐健, 刘孝光, 潘培道. 机械搅拌通风发酵罐内气液两相流的仿真模拟[J]. 包装与食品机械, 2006, 24(6): 10-13.
- Xu Jian, Liu Xiaoguang, Pan Peidao. Simulation of Gas /Liquid Two Phase Flow in Mechanical Mixing, Ventilation and Fermentation Tank [J]. Journal of Packaging and Food Machinery, 2006, 24 (6): 10-13.
- [8] 罗玉祥, 王海鹏, 刘超卓, 等. 原油界面张力系数与温度关系的实验研究[J]. 科学技术与工程, 2009, 9 (13): 3658-3761.
- Luo Yuxiang, Wang Haipeng, Liu Chaozhuo, et al. Experimental Study on Variation of Interfacial Tension Coefficient of Crude Oil with Temperature [J]. Science Technology and Engineering, 2009, 9 (13): 3658-3761.
- [9] 张远君, 王慧玉, 张振鹏, 等. 两相流体动力学基础理论及工程应用[M]. 北京: 北京航空学院出版社, 1987: 10-15.
- Zhang Yuanjun, Wang Huiyu, Zhang Zhenpeng, et al. Two Phase Fluid Dynamics Theory and Engineering Application [M]. Beijing: Beijing Aviation Institute Press, 1987: 10-15.
- [10] Chapman C M, Nienow A W. Particle-gas-liquid Mixing in Stirred Vessels[J]. Particle-liquid Mixing, 1983, 61 (2): 34-37.
- [11] 湛含辉, 成浩, 刘建文, 等. 二次流原理[M]. 长沙: 中南大学出版社, 2006: 8-9.
- Zhan Hanhui, Cheng Hao, Liu Jianwen, et al. Secondary Flow Principle [M]. Changsha: Central South University Press, 2006: 8-9.