

中国民用天然气价格规制的公共福利效应 与阶梯定价优化情景分析

肖建忠, 黎明, 王小林

摘 要: 结合当前天然气市场化改革背景, 运用动态面板模型, 分析过去十余年中国天然气市场价格规制对公共福利的影响, 并对当前居民用气阶梯定价下的不同情景进行模拟, 对比不同定价政策下公共福利的变化。得出以下主要结论: 价格规制对公共福利指标并没有显示一致的正向作用, 政府实施的天然气市场低价政策没有显著提高居民用户的公共福利水平; 城市化、天然气管网的建设有助于提升居民公共福利水平; 当前居民用气阶梯定价方式一定程度上减少了居民用户天然气的浪费, 但相比于国家发改委制定的阶梯定价方案, 存在更兼顾公共福利与市场效率的阶梯定价结构。

关键词: 民用天然气; 价格规制; GMM 估计; 阶梯定价; 公共福利

中图分类号: F126.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-0169(2019)01-0046-13

DOI:10.16493/j.cnki.42-1627/c.2019.01.005

一、引 言

近十年来, 中国对天然气行业进行了以竞争化、民营化和放松规制等为主题的改革, 着力推进天然气市场化改革, 天然气定价方式由政府指导性定价转变为市场净回值法定价。天然气市场份额不断增加, 普及率逐年上升, 成为增长速度最快的一次能源。改革在带来显著成效的同时也伴随着不少争论。在市场化改革过程中, 出现了天然气价格双轨制现象, 导致了天然气生产商利益寻租行为。同时, 天然气巨额的交叉补贴由政府财政承担, 最终造成社会公共福利的隐性损失。天然气市场发展过快, 北方地区近几年冬季都出现了“气荒”现象, 影响居民生活。

不同于工业和商业用气, 居民用天然气同时具有商业属性和公共产品属性, 带有明显的公共经济学和福利经济学特征。居民用天然气的定价, 既涉及效率与规制, 也关乎社会公平与改善民生。长期以来, 我国天然气用气价格受到政府规制, 民用终端用气价格远低于欧美等已实现天然气价格市场化的国家。不仅如此, 国内居民用气的价格也低于其余领域, 尤其是工业用气。2015 年以前, 我国财政每年对天然气消费投入巨额补贴, 且大多用于居民用气^[1], 这是政府出于维护居民公共福利采用的交叉补贴机制。天然气交叉补贴虽然可以保障居民的公共福利, 但是较低的天然气价格通过价格机制的传导使得天然气需求增加, 供给减少, 加剧了供需不平衡。在冬季恶劣低温情况下, 低价政策最终导致北方地区供气不足, 出现“气荒”现象^[2], 反而造成了社会公共福利的降低。

基金项目: 国家自然科学基金项目“中国天然气市场价格扭曲的关键因素识别与纠偏路径选择研究”(71673257)

作者简介: 肖建忠, 中国地质大学(武汉)经济管理学院教授、博士生导师(湖北 武汉 430074); 黎明, 中国地质大学(武汉)经济管理学院硕士研究生

天然气价格改革涉及效率与公平的取舍。从公平角度而言,价格应该反映全社会对于天然气其他用途的机会成本;从效率角度而言,价格应该反映市场供需,通常体现从扭曲到减少扭曲的机制设计。居民公共福利与居民用气定价方式息息相关。当前居民用气定价采用2014年国家发改委(NDRC)颁布的阶梯递增定价方式。与传统的“无差别”定价方式相比,阶梯价格制度在一定程度上能够促进节能环保,减少天然气交叉补贴,但针对阶梯定价政策的评价与设计研究却落后于政策实践的现实需求^[3],特别是阶梯定价固有的定价目标多元性直接影响着定价方式的设计与实施。因此,在实现经济效率、保障公平公正、促进节能环保、追求能源安全等多重政策目标框架下,科学制定天然气阶梯定价机制具有一定的复杂性。

过去十余年天然气价格规制是否提高了居民公共福利是本研究关注的重心。本文基于省级层面,尝试用动态面板数据模型,从居民视角,实证性探索我国天然气的价格规制效应,识别出提高民用天然气公共福利的关键因素,为进一步深化天然气市场化改革提供经验依据。目前关于居民用气定价,国家发改委已经提出了居民用气实施超额累进加价的基本原则,然而对于阶梯定价能否进一步改进还需进一步论证,定价比例及结构还需进一步厘清。本文还将采用情景分析,研究阶梯气价改革对居民公共福利的影响,探讨NDRC居民用气阶梯价格的优化空间。

二、文献梳理

(一) 天然气价格规制效应的研究

国外天然气市场化改革起步较早,美国和欧洲等国均有成功的改革经验,但各个国家天然气价格形成机制并不是千篇一律的,在效率与公平之间存在着取舍。众多学者从一体化与网络视角研究天然气价格规制与市场化问题^{[4][5][6]}。研究主要分为两个方面。一是从市场效率角度出发,分析规制下或市场化进程中的效率变化。很多学者的研究结论都表明,美国对天然气市场的放松规制有利于改进市场效率^[7]。Gorak等分析了美国天然气市场进行的一系列规制改革,包括放松出厂价格、拆分管道输送和销售业务、授予地方配气公司供气权等措施,认为这些转变使得各环节的天然气用户效率得到极大改善^[8]。聂光华基于博弈论方法分析了国内天然气市场,发现在引入第三方准入之后,能够提高下游市场的议价能力,让利于终端用户,提高天然气供应链效率^[9]。也有学者研究中国天然气产业规制,大多集中于天然气价格规制和天然气市场化进程方面^{[10][11][12][13]},得出应该管网分离、实行两部制定价、放开市场准入规制等结论,但是并没有明确指出中国天然气产业规制是否有效果,效果的实现程度如何。二是从消费者福利角度出发。在已有文献中,多数学者仍然囿于传统的新古典经济学范式,将经济产出视为福利的替代变量,价格或消费者剩余成为代表性指标。Copenhagen Economics研究了欧盟天然气终端价格的决定因素,建立市场开放指数(MOI)来量化规制改革对终端价格的影响效应^{[14](P228)}。Growitsch等研究表明,天然气输送网络的所有权分拆对终端价格有显著性影响^[5]。董秀成等借助库诺特模型构建了中国天然气市场寡头竞争模型,结果表明,天然气管道一体化有利于降低天然气整个行业的管输成本,增加消费者剩余^[15]。Arano等运用23年的时间序列数据对美国天然气放松管制过程中的社会福利变化进行了讨论^[16]。Ramírez等采用随机动态规划的方法,对墨西哥天然气市场在天然气价格上限管制方式中的风险进行了分析,指出这一管制方式会造成天然气市场消费者剩余减少^[6]。对英国、挪威、土耳其等国政府规制的研究也表明,引入市场竞争机制使得消费者受益^{[17][18]}。

(二) 阶梯定价机制的研究

20世纪70年代的世界石油危机后,美、日等发达国家电力供应严重短缺,低收入用户受到电价上涨的冲击,为了节约能源,开始引入递增阶梯定价^[19]。1990年代后,发达国家和发展中国家

普遍采用递增阶梯定价,对递增阶梯定价的研究逐渐增多^[20]。

阶梯数、各阶梯间消费量的分割点与各阶梯上的边际价格是递增阶梯定价结构设计需要确定的三类主要参数^[21]。吕森的研究表明,确定第一等级分割点和边际价格是递增阶梯定价结构设计的一个重点^[19]。分割点如果确定得偏低,所有消费者(尤其是最低收入群体)的生活基本需求将无法得到满足;确定得如果偏高,可能会出现严重的浪费现象。许多学者对阶梯定价结构的设计进行了研究。朱柯丁等指出,地区最适合的阶梯数可运用秩和比法进行确定^[22]。李媛等提出,可以运用 Stone-Geary 效用函数分析用户的价格弹性差异化,电力公司若以节约电量最大化为目标,可以以档位覆盖率和电费收益为约束条件,对最优阶梯数进行计算^[23]。张昕竹分析了阶梯电价设计的影响因素,结果表明,平均用电价格较高的地区具有相对较低的阶梯数,而平均温度较高、总用电量较多的地区具有相对较高的阶梯数,且发达国家或地区相对发展中国家或地区具有较低的阶梯数^[24]。目前,不同国家或地区的资源品阶梯价格的具体设计不尽相同,但是都具有一个普遍特征:低层级的边际价格应低于对应的边际成本,高层级的价格则是基于平均成本或长期边际成本来确定的,以此来平衡收益。

总体而言,国内对天然气价格与产业规制的研究普遍侧重理论分析,欠缺对天然气价格规制效应的实证研究。本文则从居民公共福利视角,实证研究我国天然气价格规制效应,并试图分析出在市场化改革中能够兼顾效率与公平的关键因素。此外,有关阶梯定价的研究主要集中在确定不同等级分割点、边际价格和实施效果的评估等方面,而国内研究主要集中在水务、电信、电力市场,有关天然气阶梯定价的不多,缺乏对实际操作和指导经验,本文拟采用情景分析,研究阶梯气价改革对居民公共福利的影响,探讨 NDRC 居民用气阶梯价格的优化策略。

三、天然气价格规制对社会公共福利影响的实证分析

(一) 计量模型的设计

为从居民公共福利视角分析我国天然气价格规制的影响效果,本文选取了动态面板数据模型。动态面板模型的经济意义是,观察到的任何影响都是在历史的基础上动态变化的。基础表达式为:

$$Y_{it} = \alpha Y_{i,t-1} + \beta R_{i,t} + \lambda Z_{i,t} + \xi_i + \mu_{i,t} \quad (1)$$

其中, i 表示个体; t 表示时间; $Y_{i,t}$ 表示的是代表公共福利的因变量矩阵, $Y_{i,t-1}$ 表示因变量的滞后一期, $R_{i,t}$ 表示的是代表价格规制的自变量; $Z_{i,t}$ 表示其他控制变量, ξ_i 表示个体效应; $\mu_{i,t}$ 表示误差项。方程满足马尔科夫基本假设,即 $E(\mu_{i,t}) = 0$; $\text{var}(\mu_{i,t}) = \sigma^2$; $E(\mu_{i,t}\mu_{i,s}) = 0$, $s \neq t$; $E(Y_{i,t-1}\mu_{i,t}) = 0$ 。其中, $E(Y_{i,t-1}\mu_{i,t}) = 0$ 为大样本最小二乘法(OLS)估计的前定解释变量假定,即解释变量与同期扰动项正交;而 $E(\mu_{i,t}) = 0$ 、 $\text{var}(\mu_{i,t}) = \sigma^2$ 、 $E(\mu_{i,t}\mu_{i,t}) = 0$, $s \neq t$ 则要求误差扰动项不存在异方差与自相关。马尔科夫基本假设为计量 OLS 估计的基础,本文模型中采用的系统 GMM 估计方法则可以放宽后三项假定。

动态面板模型可以控制固定效应,较好地解决了遗漏变量问题,并且还可以克服模型的内生性。具体到本文中,首先,影响民用天然气公共福利的因素可能远不止本文将选取的指标,但由于数据可得性与模型的简化,本文只选择下文中所提到的变量,这就可能造成遗漏变量的内生性问题。引入滞后一期的动态面板数据模型也解决了对改革效应过度估计的问题。其次,通过分析前几期和当期解释变量对被解释变量的影响,动态面板相对于静态模型能够更好地反映规制的研究效果。关于动态面板参数估计方法的选择,由于动态面板引入了被解释变量的滞后一期进行回归,会使得传统的 OLS 或者一阶差分最小二乘估计不满足无偏性和有效性。针对这个问题,Arellano 等提出了系统 GMM 估计方法^[25],具体做法是将水平回归方程和差分回归方程结合起来进行估计。在这种估计方法中,滞后水平作为一阶差分的工具变量,而一阶差分又作为水平变量的工具变量。

系统 GMM 估计包括一步法 (One-Step) 和两步法 (Two-Step) 的 GMM。系统 GMM 一步法估计量尽管效率有所下降但是一致,因而在经验应用中,人们通常使用系统 GMM 一步法估计。综上所述,本文最终选用系统 GMM 一步法对动态面板模型进行估计。关于模型中被解释变量滞后期数的选择,本文选取经典的滞后一期动态面板数据模型,一是因为本文关注政府规制对天然气居民公共福利效应的影响,用滞后一期代替过去不可测因素对居民公共福利效应的时滞性影响。二是系统 GMM 估计方法原理是将被解释变量及差分的高阶滞后性作为被解释滞后一期的工具变量,从而解决动态面板模型的内生性问题,但是使用越高阶滞后作为工具变量,损失的样本容量越多。为尽量减少样本损失,得到有效估计,本文选择了被解释变量的滞后一期。

由于本文的数据集个体少,只有 21 个省(市、自治区),有可能会面临小样本偏误,同时,样本因有些变量缺乏某些年份的数据而具有不平衡性,所以,使用修正最小二乘法虚拟变量(LSD-VC)进行稳健估计,以克服这些缺陷。小样本偏误通过 Bootstrapping(自主抽样)方法来解决,LSDVC 估计方法可以检验估计结果是否存在明显差异。

(二) 变量的选择及数据说明

1. 指标选择。在天然气产业链中,天然气上游开采业具有自然垄断属性。尽管以垄断经营形式维护的有限竞争有利于实现城市公用事业的规模经济性,但在竞争不充分环境下,垄断企业缺乏以技术改进、管理创新、组织变革为途径,努力降低成本、提高效率的内在激励。“三桶油”利用垄断地位可以决定天然气较高的垄断高价,获取超额收益,而政府则为扩大天然气市场和维护社会公共福利,实施成本加成法定价的规制政策。本文以社会福利为视角,考察天然气市场终端价格规制的效应,在变量的选取上,主要集中于 3 个一级指标:公共福利指标、价格规制指标和控制变量指标。

(1) 公共福利指标。居民低价用气与电力行业的居民低价用电政策相同,都是考虑公共福利制度优越性的体现。福利经济学理论认为,如果规制促进了社会整体净福利的增加,那么该规制就是有效的。公共福利主要表现为服务的均等化与普遍性。大多数学者都是通过居民为视角来选择衡量公共福利的指标^{[13][26]}。如何在可获得数据的基础上构建衡量公共福利的指标是一件困难的事。首先,衡量公共福利的指标常常涉及公民个人,具有较高的主观性。其次,衡量公共福利的指标非常繁杂,需要涉及诸多不同的领域,而且衡量公共福利的指标在学术界还未达成共识,不同的学者对于公共福利有不同的理解,因此会构建不同的指标体系来衡量公共福利。在计划经济体制下,我国一直将电力作为重要的“准公共产品”来提供^[27],因此,本文借鉴电力的公共福利衡量方法。具体的,对于天然气产业规制效应来说,公共福利包括天然气接入的可得性和可接受性,一是能够让所有用户能够使用上天然气,二是用气价格稳定且居民能够承受,三是保障居民获得充足的天然气供应。本文将价格、消费量和普及率作为衡量天然气规制的公共福利指标。考虑到价格受到政府规制具有外生性,最终选取居民人均天然气消费量和天然气普及率作为衡量公共福利的指标。

a. 居民人均天然气消费量。公共福利在产量上体现为服务的充足性,并且需要保证供应的质量。天然气净化费早已于 2002 年合并到井口价,故本文不单独考虑天然气的供应质量。居民人均天然气消费量直接关系到居民能否得到充足的天然气供给服务,能够代表居民公共福利水平。

b. 天然气普及率。天然气的公共福利不仅需要考虑天然气消费量,还包括服务的可得性,是否能够惠及所有用户。具体而言,天然气作为一种绿色、低碳、高效能源^{[28](P17)},居民能够使用天然气代表其生活品质的提升。天然气普及率的提升不仅使得居民生活更加便捷,更有利于提升空气质量。然而,城市化进程加速所带来的用气需求增长与薄弱的天然气管网基础设施建设形成鲜明对比,导致我国居民天然气普及率偏低。许多学者用普及率衡量公益事业规制对社会福利的影响,例如郭蕾等使用该指标衡量社会公共福利,研究水务产业政府规制改革的效果^[29]。因此,本文也采用居民天然气普及率作为衡量居民福利的重要指标之一。

c. 天然气消费价格。天然气价格是衡量公共福利的重要指标。苏鹏等、张希栋等构建 CGE 模型量化分析政府对天然气产业价格管制政策变动产生的影响,发现天然气价格水平的上升导致整体物价水平的上涨,损害了消费者福利^{[30][31]}。由于关乎民生,民用天然气门站价格受到政府严格监管,自 2010 年以来居民用气价格基本未变,如果加入到计量模型中则属于外生变量,所以,本文未将天然气消费价格作为衡量公众福利的被解释变量,而是将其放入到模型的控制变量指标中。

在公共福利指标中,居民人均消费量用 pc 表示,由各省(市、自治区)的居民天然气消费总量除以年末常住人口得到,居民天然气数据总量来源于《中国能源统计年鉴》,年末常住人口来源于《中国统计年鉴》。天然气普及率用 sup 表示,由天然气使用人口除以年末常住人口乘以百分之百得到,天然气使用人口的基础数据来源于中国统计局。

(2) 价格规制指标。2016 年,我国天然气市场“市场净回值”定价方法改革基本完成,但在此之前,天然气出厂价格由政府管制,一直实行“成本加成法”定价。成本加法定价表示天然气出厂价格由生产成本和一定合理利润决定,“成本加成”定价属于价格规制中的收益率规制模式。回报率规制定价是基于平均成本定价理论而产生的一种规制定价模式。在此定价模式下,企业的准许收入被分为两部分:一部分是成本费用,另一部分是投资回报。相较成本费用,投资回报的大小对企业总收入以及利润的影响更大,规制者也主要是通过限定投资回报率的大小进而限定企业的价格。在合理的利润率条件下,企业更偏向于通过增加资本投入、减少劳务成本来扩大收益。这种收益率价格规制影响企业的要素选择的低效行为被称为“A-J 效应”。吴昊等以我国自然垄断产业上市公司为研究对象,实证检验了规制机构的策略对自然垄断企业投资行为的影响,结果表明,垄断产业的上市公司普遍存在过度投资行为^[32]。本文理想的规制变量是管制前后及行为变量的 0~1 虚拟变量,但政府未披露天然气规制行为的数据,且天然气价格在改革时间上没有明显的分界线,因此,本文从要素投入方面代理价格规制指标,假定天然气成本加成定价改变了天然气上游开采企业的要素选择偏好。在我国天然气开采业中,要素投入主要集中于劳动和资本,本文选择劳动与资本的边际技术替代率作为代理变量。鉴于单个劳动与资本的边际技术替代率有其相对应的要素投入结构^{[29][33][34]},本文选择 2005—2015 年间资本和劳动的投入比率来代表价格规制。

价格规制用 PR 表示,由当年投资额除以从业人数得到。由于天然气的生产商往往不会只单独生产天然气,还伴随生产石油,因此,本文使用天然气与石油勘探开采业的数据来替代天然气生产商的数据。天然气勘探开采业的资本投入由石油和天然气勘探开采业总资产来度量,劳动投入由石油和天然气勘探开采业全部从业平均人数来度量。这两个变量的基础数据均来自《中国统计年鉴》。

(3) 控制变量指标。在计量模型中,为了避免设定偏误,会加入一些可能影响被解释变量的控制变量。公共福利水平与经济发展水平密切相关。人均 GDP 经常被考虑作为控制变量来反映地区的经济发展水平与经济结构^[35]。同时,城市化也能拉动天然气的需求,进而影响居民天然气人均消费量和天然气的普及率。当需求被带动起来以后,基础设施的建设就变得尤为重要^[29]。天然气管网是天然气运输的主要载体,其长度能够反映基础设施的建设情况。另外,价格因素也是需要考虑的重要因素。因此,本文使用人均 GDP、城市化率、天然气管网长度以及居民天然气消费价格作为控制变量。

人均 GDP 用 $pgdp$ 表示,数据来源于《中国统计年鉴》。为剔除通货膨胀因素对人均 GDP 的影响,将 2000 年作为基期,以 2000 年的价格进行平减。城市化率用 $Urate$ 表示,由城镇人口比上年末常住人口乘以百分之百得到,数据由《中国统计年鉴》提供。管网长度用 $length$ 表示,数据来源于《中国统计年鉴》。居民天然气消费价格用 p 表示,使用各省省会城市居民消费的平均价格作为该省的居民天然气价格,数据主要来源于各省(市、自治区)发改委能源价格相关文件及《中国物价统计年鉴》。

2. 数据说明。由于部分省(市、自治区)数据缺失,本文使用北京、天津、河北、山西、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、上海、江苏、山东、河南、湖北、广东、海南、重庆、四川、陕西、甘肃、宁夏、新疆等21个省(市、自治区)2005—2015年的数据。该面板数据的时间序列处在天然气产业快速发展时期,选取的省区涵盖了不同发展水平的地区,可以体现区域的异质性。各个变量具体符号和含义如表1所示。

表1 选取变量的符号及含义

变量名称	含义	单位
pc_{jt}	第 t 年第 j 个省居民人均天然气消费量	立方米/人
sup_{jt}	第 t 年第 j 个省天然气普及率	%
PR_{jt}	第 t 年第 j 个省价格规制	万元/人
$pgdp_{jt}$	第 t 年第 j 个省人均 GDP (以 2000 年不变价格)	万元/人
$Urate_{jt}$	第 t 年第 j 个省城市化率	%
$length_{jt}$	第 t 年第 j 个省管网长度	千公里
p_{jt}	第 t 年第 j 个省居民天然气消费价格	元/立方米

(三) 价格规制的实证分析

在模型中,本文加入了价格规制变量的滞后一期作为解释变量。为了得到一致估计,消除数据的异方差,本文对除天然气普及率和城市化率以外的数据进行取对数处理。在对居民天然气人均消费量和普及率进行实证时,使用的是动态面板模型,其具体形式为:

$$\ln Y_{i,t} = \alpha \ln Y_{i,t-1} + \beta_1 PR_{i,t} + \beta_2 PR_{i,t-1} + \lambda_1 \ln pgdp_{i,t} + \lambda_2 Urate_{i,t} + \lambda_3 \ln length_{i,t} + \lambda_4 \ln p_{i,t} + \xi_i + \mu_{it} \quad (2)$$

其中,被解释变量 $Y_{i,t}$ 是社会公共福利指标, $Y_{i,t-1}$ 是社会公共福利指标的滞后一阶,其他变量具体含义同表1。

1. 价格规制对公共福利影响的回归结果。本文将居民人均天然气消费量和天然普及率分别放入动态面板模型的被解释变量中,作为社会福利衡量指标。估计结果如表2、表3所示。

表2 价格规制对公共福利影响的回归结果(人均天然气消费量)

估计方法	被解释变量: $\ln pc$		
	系统 GMM		
变量	模型(1)	模型(2)	模型(3)
$\ln pc_{t-1}$	0.599*** (0.000)	0.686*** (0.000)	0.627*** (0.000)
$\ln PR$	-0.001 (0.989)	—	—
$\ln PR_{t-1}$	0.034 (0.388)	0.042 (0.175)	0.054* (0.067)
$\ln pgdp$	0.196 (0.120)	0.097 (0.451)	—
$Urate$	0.267*** (0.064)	0.250*** (0.000)	0.261*** (0.000)
$\ln length$	0.104 (0.123)	0.066 (0.323)	0.120* (0.092)
$\ln p$	-0.876*** (0.006)	-0.705** (0.024)	-0.778*** (0.002)
样本数	141	165	165
个体数	21	21	21
Arellano-Bond AR(2) 检验	0.999	0.845	0.822
Sargan	0.038	0.160	0.174

注:括号内为 P 值,***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 检验水平上显著。

表3 价格规制对公共福利影响的回归结果（天然气普及率）

估计方法	被解释变量: sup		
	系统 GMM		
变量	模型 (4)	模型 (5)	模型 (6)
sup_{t-1}	0.840*** (0.000)	0.810*** (0.000)	0.800*** (0.000)
$\ln PR$	-0.005 (0.733)	-0.002 (0.803)	-0.001* (0.074)
$\ln PR_{t-1}$	0.008 (0.563)		—
$\ln pgdp$	-0.037 (0.296)	-0.015 (0.654)	—
$Urate$	0.142*** (0.000)	0.177*** (0.000)	0.186*** (0.000)
$\ln length$	0.031 (0.148)	0.026 (0.214)	0.026** (0.040)
$\ln p$	0.056 (0.558)	0.102 (0.262)	0.125* (0.086)
样本数	153	159	159
个体数	21	21	21
Arellano-Bond AR (2) 检验	0.949	0.854	0.958
Sargan	0.999	0.203	0.988

注：括号内为 P 值，***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 检验水平上显著。

当所有解释变量放入到模型 (1) 中去时，Arellano-Bond AR (2) 检验值为 0.999，表明使用系统 GMM 一步法估计合适，但是 Sargan 检验值为 0.038，说明在 5% 的置信水平下存在过度识别问题，有超过一半的变量不显著，因此，依次剔除最不显著的变量 $\ln PR$ 、 $\ln pgdp$ ，重新进行估计，分别得到模型 (2)、模型 (3)。当删除变量 $\ln PR$ 、 $\ln pgdp$ 以后，模型 (3) 的系统 GMM 一步法估计的 Arellano-Bond AR (2) 检验为 0.822，Sargan 检验值为 0.174，表明估计方法合适且不存在过度识别问题。同时，模型 (3) 对于居民人均天然气消费量而言，因变量滞后一期、价格规制的滞后一期、城镇化率、管网长度和天然气价格在 10% 检验水平下是显著的，回归结果良好。

由模型 (4) 可知，当把全部变量引入到模型中去时，Arellano-Bond AR (2) 检验和 Sargan 检验结果表明，使用系统 GMM 一步法估计方法适合且不存在过度识别，但是大部分变量均不显著。同样，依次剔除最不显著的变量 $\ln PR_{t-1}$ 、 $\ln pgdp$ ，重新进行估计，结果见模型 (5) 和模型 (6)。当删除变量 $\ln PR_{t-1}$ 、 $\ln pgdp$ 后，系统 GMM 一步法的 Arellano-Bond AR (2) 检验为 0.958，Sargan 检验值为 0.988，表明估计方法合适且不存在过度识别问题。

2. 价格规制对公共福利影响的结果分析。由表 2 可知，价格规制滞后一期对居民人均天然气消费量影响为正。价格规制滞后一期每增加 1%，带来居民人均天然气消费量上升 0.054%，说明价格规制对居民人均天然气消费量增长有促进作用，符合本文预期。我国天然气相对于煤炭、石油等其他能源竞争性不足，政府为调整能源结构，推广天然气使用，对天然气价格进行管制，使得实际的天然气价低于市场均衡价格，导致天然气需求攀升，居民人均消费增加，居民消费天然气福利得到了提升。而当前一期的价格规制对居民人均天然气消费量不显著，本文推测是因为价格规制效应的传导机制具有一定的时滞性，而当期价格规制的影响不能立刻对消费者使用天然气消费偏好产

生影响,短时间内消费者对整体的能源需求比较稳定。

居民天然气普及率作为社会福利衡量指标的估计结果见表3,价格规制当前期对天然气普及率影响为负。价格规制当前期每增加1%,带来天然气普及率下降0.001%,说明价格规制对天然气普及率有负向影响,但是作用效果甚微。天然气管网是天然气运输的物理载体,天然气普及率的提升十分依赖于天然气管网的铺设。价格规制对天然气普及率的负向效应可能是由于天然气价格规制限制了“三桶油”的垄断利润,使得上游天然气开采业对天然气生产和运输缺乏积极性,而目前我国天然气中游管网运输与上游天然气开采业一直没有分离,天然气管网的绝大部分(95%以上)建设依赖于“三桶油”三家的投资建设,所以,天然气管网建设速度受到价格规制的约束。虽然天然气低价的政策规制使得居民更青睐于使用天然气,但天然气普及率并未受到价格规制的正向影响。近年来,天然气消费的增长与管网基础设施的建设密切相关,但城镇管网在投入和普及上的相对滞后使得二三线城市天然气普及率较低,这很大程度上决定了天然气产业规制不利于天然气居民公共福利的增长。

由表2和表3的估计结果可知,天然气价格对居民人均天然气消费量弹性为-0.778,对居民天然气普及率影响半弹性为0.125,说明天然气价格水平对居民福利影响具有双刃剑效应。天然气价格降低,会促进居民人均消费量的增加,但会抑制普及率的提升。价格水平作为模型外生变量,一定程度上能够反映价格规制的传导效应。一方面,低价规制的居民天然气需求增加,有利于天然气市场份额的提高,但另一方面严格的收益率规制导致天然气上游勘探开发企业缺乏动力进行生产技术革新,处于高成本、低收益甚至亏损状态,企业缺乏动力拓展居民用气市场。规制价格影响了天然气运营商的积极性,进而影响在当前天然气行业中游管网未与上游分离时期天然气居民用户的普及率,不利于居民公共福利的提升。政府为了维护公众利益,弥补企业损失,提供财政补贴,从而增加地方财政压力,而各个地区的居民是财政压力的最后承担者,最终又导致各地区隐性居民公共福利水平的下降。

由表2和表3的估计结果可知,城镇化率和天然气管网长度等控制变量对居民公共福利的影响表现出正向一致性。城镇化率对于人均天然气消费量福利指标的半弹性为0.261,对于天然气普及率福利指标斜率为0.186。天然气管网长度对于人均天然气消费量福利指标的弹性为0.12,对于天然气普及率福利指标的半弹性为0.026。这说明城镇化率的提升可以使天然气消费用户地理聚集,降低管网铺设成本,而天然气管网的接入能够惠及居民用户,提升居民使用天然气的可得性和可接受性。城镇化率和管网长度的建设均能增加居民公共福利。目前,我国天然气管网建设水平远低于欧美国家平均水平,管网拆分是天然气市场改革过程中需考虑的另一重点问题。

(四) 稳健性检验

尽管理论上系统GMM方法在处理动态面板模型内生性问题时具备其他方法不能比拟的优势,但在有限样本的情况下,仍有可能出现偏倚^[36]。为了保证估计结果的稳健性,作为对比,本文还使用了LSDVC方法进行估计,结果如表4所示。对比表2,对居民人均天然气消费量影响的各自变量显著性虽然发生了变化,但是价格规制的滞后期以及居民人均天然气消费量的滞后期结果一致,说明价格规制的滞后期以及居民天然气人均消费量的滞后期会促进天然气人均消费量的增加,增进居民公共福利。对比表3,LSDVC方法估计结果中对天然气普及率影响的各自变量的显著性同样虽然有所改变,但是价格规制变量、普及率滞后期以及管网长度的估计结果一致,说明价格规制的强度会稍微削弱天然气的普及率,降低居民公共福利水平,而居民天然气普及率的滞后期以及管网建设会促进天然气普及率的提升,增进居民公共福利。表4给出的结果表明,GMM估计结果是基本稳健的。

表 4 价格规制对公共福利影响的回归结果

估计方法	LSDVC (BB)					
	被解释变量: $\ln pc$			被解释变量: sup		
变量	模型 (1)	模型 (2)	模型 (3)	模型 (4)	模型 (5)	模型 (6)
被解释变量	0.711***	0.784***	0.0732***	0.752***	0.724***	0.722***
滞后 1 期	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
$\ln PR$	0.003	—	—	-0.005	-0.015	-0.014*
	(0.960)			(0.976)	(0.340)	(0.057)
$\ln PR_{t-1}$	0.077	0.090*	0.073*	0.001	—	—
	(0.169)	(0.099)	(0.075)	(0.967)		
$\ln pgdp$	-0.916*	-1.224**	—	-0.028	0.055	—
	(0.099)	(0.021)		(0.852)	(0.703)	
$Urate$	3.649*	3.620*	1.050	-0.198	-0.371	-0.237
	(0.083)	(0.052)	(0.481)	(0.704)	(0.471)	(0.543)
$\ln length$	0.032	-0.008	-0.180	0.117*	0.114*	0.125**
	(0.889)	(0.974)	(0.417)	(0.072)	(0.087)	(0.043)
$\ln p$	0.058	0.636	0.120	0.122	0.154	0.179
	(0.945)	(0.441)	(0.878)	(0.562)	(0.458)	(0.352)
样本数	141	165	165	153	159	159
个体数	21	21	21	21	21	21
Arellano-Bond	—	—	—	—	—	—
AR (2) 检验						
Sargan	—	—	—	—	—	—

注：在 LSDVC 方法中，初始化使用的是 Blundell 和 Bond 估计 (BB)，并且标准误通过 Bootstrapping (1 000 次) 方法计算。

四、天然气居民用户阶梯定价情景分析

(一) 情景分析基础

由实证分析可知，价格规制并未对居民公共福利产生一致性的正向影响，对于居民用气普及性有轻微负向影响。在阶梯定价之前，居民规制低价用气出于保护居民用气的目的，没有兼顾市场效率，导致政府财政大量补贴居民用气，天然气上游企业缺乏动力拓展居民用户市场。经过“市场净回值”定价方式改革后，目前居民用气定价方式采取阶梯定价。从理论上说，在保证经济效率、调节收入分配、促进节能环保等多矛盾目标下，天然气阶梯定价体现了其优越性。但目前 NDRC 仅提出了居民生活用气实施三档阶梯价格制度的基本框架，在兼顾居民公共福利与市场效率的同时，当前居民用气定价政策是否具有优化空间值得进一步探讨。

1. 情景分析模型设定。由前述研究可知，居民天然气人均消费量直接体现了居民用户面对天然气政府规制进行的决策行为，所以，本文以阶梯定价对居民人均消费量的影响来考察不同的阶梯定价政策。实证检验动态面板模型进行估计的结果良好，因此，基于此估计结果，对阶梯定价模型进行情景模拟。具体表现形式为模型 (3) 的估计结果。

$$\ln pc_{i,t} = 0.627 \ln pc_{i,t-1} + 0.054 PR_{i,t-1} + 0.261 Urate_{i,t} + 0.120 \ln length_{i,t} - 0.778 \ln p_{i,t} + 0.601 \quad (3)$$

2. 情景的设计。本文从市场效率和居民公共福利权衡的角度来设计阶梯定价方案，具体情形如下：

情景一：国家发改委阶梯定价结构。2014 年，NDRC 颁布了《关于建立健全居民生活用气阶梯价格制度的指导意见》，对于居民用气全面推行阶梯价格制度。根据 NDRC 的指导意见，居民用气价格分为三档：第一档在一定时期内保持相对稳定，保障居民基本生活用气需求，覆盖区域内 80% 的居民家庭用户；第二档在现有价格水平上稍有提高，调节和改善居民生活质量的合理用气需求，覆盖区域

内 95% 居民家庭用户; 第三档在第二档价格水平继续提高, 以体现资源的稀缺性, 抑制过度消费, 覆盖超出第二档的用气部分。各档气量价格实行超额累进加价, 比例为 1: 1.2: 1.5。

情景二: 提高三个档次价格比。此情景设定的出发点主要是效率。已有研究表明, 阶梯定价中价格之间的差距越大, 效率越高^{[37][38]}。一些实行阶梯价格的国家或地区, 各档之间的价格差距都较高, 比如美国佛罗里达州实施的三档阶梯电价, 价格比为 1: 2.5: 3.8; 韩国实施六档阶梯电价, 各档价格为 1: 2.1: 3.1: 4.5: 6.7: 11.6。而我国的建议阶梯气价比仅为 1: 1.2: 1.5。可以通过提高档次价格比, 拉开各档之间的价格差距, 通过惩罚超量使用天然气的用户来提高效率。所以, 设定三档价格比为 1: 1.5: 1.8 进行情景分析。

情景三: 降低第一档价格。此情景设定的出发点主要是公平。低收入家庭所面对的天然气消费偏好价格比现有的统一定价水平低, NDRC 定价将会增加收入水平较低而天然气需求量较高的居民用户的用气支出。为保障较低收入家庭, 可适当降低第一档价格。因此, 假定第一档气价下降 0.1 元进行情景分析。

情景四: 降低第一档价格, 同时提高第二、三档的价格。此情景设定的目的是试图找到兼顾公平与效率的阶梯定价结构。在 NDRC 建议的基础上, 改进阶梯定价方案。

各情景模拟如表 5 所示。

表 5 居民用天然气阶梯定价情景设计对比

情景模拟	情景	情景二	情景三	情景四
第一档价格	P	P	$P - 0.1$	$P - 0.1$
第二档价格	$1.2 * P$	$1.5 * P$	$1.2 * P$	$1.5 * P$
第三档价格	$1.5 * P$	$1.8 * P$	$1.5 * P$	$1.8 * P$
设计要求	国家发改委阶梯定价结构	拉开阶梯价格各档价格差距	适当降低第一档价格, 其余不变	适当降低第一档价格, 同时拉开阶梯价格各档价格差距

注: NDRC 第一档基础价为 P 元/立方米。

3. 情景分析数据的假定。根据 2005—2014 年各省(市、自治区)城市化率、管网长度的增长趋势及国家经济与能源规划, 对城市化率、管网长度进行假定预测。居民用气阶梯定价改革会对居民天然气消费平均价格和价格规制造成直接影响, 因此, 居民天然气平均消费价格根据国家发改委会的指导意见与不同情境设计的阶梯定价结构, 基于居民用气覆盖率对各档价格进行加权平均得到, 同时假定该阶梯定价结构在未来 10 年不会发生变化。价格规制变量 2015—2024 年的数据根据 2005—2014 年各省(市、自治区)石油与天然气开采业的固定资产投资与就业人数的增长趋势及不同阶梯定价结构的设计对生产者产生的不同激励来进行假定, 进而得到 2015—2024 年价格规制变量滞后一期的数据。

(二) 情景分析结果

相对于非阶梯性定价, 居民用气价格实行阶梯定价以后, 居民用户人均消费量都会降低, 表明阶梯价格改革可以抑制天然气的过度消费。同时, 天然气消费均价的提高在一定程度上保护了天然气企业的利益^{[39](P102)}, 提高了市场效率。从全国来看, 不同情形下居民人均消费量的变化趋势如图 1 所示。

情景一为 NDRC 目前的阶梯定价。相对 NDRC 的建议, 在情景二中, 当提高各档价格比时, 居民用气人均消费量会降低, 即当追求效率来改进阶梯定价结构时, 消费者公共福利会明显减少。在情景三中, 当只降低第一档价格时, 对比 NDRC 建议的结果, 人均消费量会增加, 增进了消费者公共福利, 但低价明显降低天然气企业的收益, 从而降低天然气企业的积极性, 不利于天然气民用行业的发展。在同时考虑居民公共福利和天然气使用效率的情况下, 理论上可在降低第一档价格

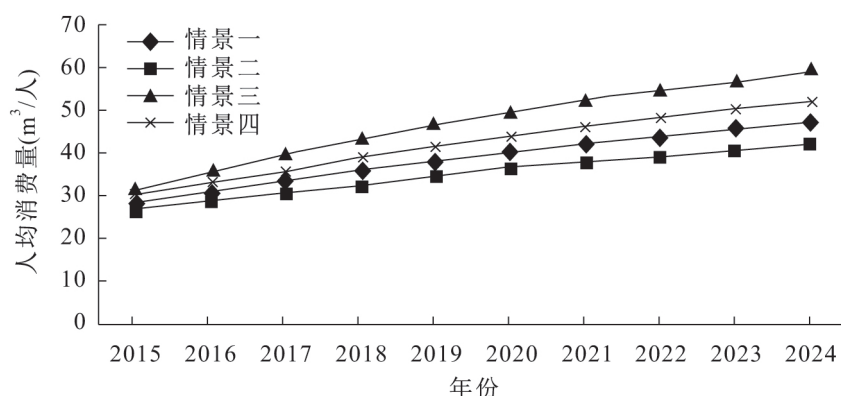


图1 不同情境下的全国居民人均天然气消费量变化

的同时提高第二、三档价格,在增进消费者福利的同时改善效率,情景四的结果也证实了这点。此时,相对于 NDRC 建议的定价结构,天然气企业收益得到了保障,同时居民天然气的人均消费量有所提升,消费者福利得到改进。

阶梯定价在一定程度上减少了居民用户天然气消费,降低了居民公共福利,但通过科学设计阶梯定价结构,可以缓解居民公共福利的减少。与 NDRC 的方案相比,情景四的方案能更好地兼顾公共福利和效率,即将民用天然气第一档价格降低 0.1 元,同时把价格结构由原发改委提供方案的 1:1.2:1.5 修改为 1:1.5:1.8,拉开各档价格比。这样一方面可以保障天然气生产运输企业的利益和提高天然气的消费效率,另一方面能够兼顾低收入居民群体的利益,改善收入分配和提高社会公平。

五、结论与政策建议

通过建立动态面板模型,研究天然气市场终端价格规制的公共福利效应,在此基础上设定了居民用气定价的不同阶梯价格结构,对阶梯气价改革进行情景分析,结论表明:

1. 天然气价格规制未对居民公共福利产生一致性的正向作用。天然气价格规制有利于增加人均天然气消费量的福利效应;而从提升天然气普及率的公共福利角度来看,天然气价格规制的影响为负向但效果较小,说明过去十余年的天然气市场终端定价机制,也就是低价气政策并没有充分提高居民用户的公共福利。天然气价格与天然气规制效应作用效果相同。天然气价格降低,居民人均天然气消费量增加,但同时会降低居民使用天然气的普及率。

2. 城镇化率和天然气管网的长度都对居民公共福利产生正向作用,其中,天然气管网的建设对居民天然气普及率的提升尤为关键,是天然气市场化改革中需要重点考虑的因素。

3. 国家发改委的居民使用天然气阶梯定价在一定程度上减少了价格规制带来的市场效率的损失,但存在优化空间,可通过改进来提升公共福利效应。具体的,适当降低第一档价格,增大二、三档价格比,相对于发改委指导方案,此种定价结构更能够兼顾效率与公平。

2017 年,我国天然气消费量达到 2 373 亿立方米,天然气行业进入到一个新的高速增长期,与此同时,天然气市场化改革也在稳步推进。从研究内容出发,本文给出如下改革建议:

1. 加大管网投资,完善天然气基础设施。管网等基础设施的建设,既能促进天然气市场竞争性定价的形成,又能提高公共福利水平。目前,我国天然气管网存在设施不完善、覆盖面窄的问题,遏制了天然气市场的发展,本文建议放开管网第三方准入,鼓励各类社会资本投资建设天然气管道。

2. 科学制定阶梯定价政策,兼顾公平与效率。发改委阶梯定价指导建议只是一个基础框架,

各地区下游运营商可根据自身情况进行调整。建议地方政府因地制宜,积极探索,制定兼顾效率与公平的阶梯定价结构。

3. 兼顾市场效率与公共福利。单方面考虑效率,会使天然气市场化改革难以推进;而单方面考虑公共福利,会导致资源错配反而造成公共福利的下降,建议综合考虑,制定具有前瞻性的改革政策。

参考文献

- [1] Liu, C., B. Q. Lin. Analysis of the changes in the scale of natural gas subsidy in China and its decomposition factors[J]. *Energy Economics*, 2018, 70.
- [2] 董秀成, 李佳蔓. 我国天然气“气荒”成因及对策研究[J]. *价格理论与实践*, 2018(2).
- [3] 刘自敏, 杨丹, 冯永晟. 递增阶梯定价政策评价与优化设计——基于充分统计量方法[J]. *经济研究*, 2017(3).
- [4] Vogelsang, I., J. Finsinger. A regulatory adjustment process for optimal pricing by multiproduct monopoly firms[J]. *Bell Journal of Economics*, 2000(1).
- [5] Growitsch, C., M. Stronzik. Ownership unbundling of gas transmission networks—empirical evidence[J]. *Journal of Regulatory Economics*, 2014(2).
- [6] Ramírez, J. C., J. Rosellón. Pricing natural gas distribution in Mexico[J]. *Energy Economics*, 2002(3).
- [7] Broadman, H. G., W. D. Montgomery, M. Russell. Field price deregulation and the carrier status of natural gas pipelines[J]. *The Energy Journal*, 1985(2).
- [8] Gorak, T. C., D. J. Ray. Efficiency and equity in transition to a new natural gas market[J]. *Land Economics*, 1995(3).
- [9] 聂光华. 基于 Stackelberg 博弈的天然气定价机制研究[J]. *中国石油大学学报(自然科学版)*, 2013(6).
- [10] 谭学燕. 我国天然气定价机制设计[J]. *中国软科学*, 2008(10).
- [11] 赵连增. 如何破解中国天然气价格改革困局——天然气价格改革思考之二[J]. *国际石油经济*, 2011(3).
- [12] 汪锋, 刘辛. 中国天然气价格形成机制改革的经济分析——从“成本加成”定价法到“市场净回值”定价法[J]. *天然气工业*, 2014(9).
- [13] 刘毅军. 中国天然气价格形成机制演变与趋势[J]. *天然气工业*, 2015(4).
- [14] Copenhagen Economics. *Market Opening in Network Industries: Part II: Sectoral Analyses*[R]. Copenhagen, 2005.
- [15] 董秀成, 周仲兵, 李君臣, 等. 基于库诺特模型的天然气管道一体化研究[J]. *中国石油大学学报(自然科学版)*, 2010(6).
- [16] Arano, K. G., B. F. Blair. An ex-post welfare analysis of natural gas regulation in the industrial sector[J]. *Energy Economics*, 2008(3).
- [17] Hawdon, D., N. Stevens. Regulatory reform of the UK gas market: The case of the storage auction[J]. *Fiscal Studies*, 2001(2).
- [18] Cetin, T., F. Oguz. The politics of regulation in the Turkish electricity market[J]. *Energy Policy*, 2007(3).
- [19] 吕淼. 对中国实施居民生活用气阶梯价格的思考[J]. *国际石油经济*, 2014(6).
- [20] 张昕竹. 阶梯定价、实时定价及其潜在影响[J]. *改革*, 2011(3).
- [21] Rogers, P., R. D. Silva, R. Bhatia. Water is an economic goof: How to use prices to promote equity, efficiency, and sustainability[J]. *Water Policy*, 2002(1).
- [22] 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(6).
- [23] 李媛, 罗琴, 宋依群, 等. 基于需求响应的居民分时阶梯电价档位制定方法研究[J]. *电力系统保护与控制*, 2012(18).
- [24] 张昕竹, 田露露. 阶梯电价实施及结构设计——基于跨国数据的经验分析[J]. *财经问题研究*, 2014(7).

- [25] Arellano, M., S. Bond. Some tests of specification for panel data; Monte Carlo evidence and an application to employment equations[J]. *Review of Economic Studies*, 1991(2).
- [26] Brau, R., R. Doronzo, C. V. Fiorio, et al. EU gas industry reforms and consumers' prices[J]. *The Energy Journal*, 2010(4).
- [27] 唐要家. 电价管制刚性的政治经济学逻辑[J]. 中国地质大学学报(社会科学版), 2014(4).
- [28] 国家能源局石油天然气司. 中国天然气发展报告[R]. 北京: 石油工业出版社, 2017.
- [29] 郭蕾, 肖有智. 政府规制改革是否增进了社会公共福利——来自中国省际城市水务产业动态面板数据的经验证据[J]. 管理世界, 2016(8).
- [30] 苏鹏, 张希栋, 赫永达. 天然气价格规制的经济效应分析[J]. 经济问题, 2015(11).
- [31] 张希栋, 姜峰, 张晓. 中国天然气价格管制的碳排放及经济影响——基于非完全竞争 CGE 模型的模拟研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2016(7).
- [32] 吴昊, 曹澍. 政府管制、过度投资与企业绩效关系的实证分析[J]. 统计与决策, 2009(9).
- [33] 王俊豪. A-J 效应与自然垄断产业的价格管制模型[J]. 中国工业经济, 2001(10).
- [34] 肖兴志, 韩超. 规制改革是否促进了中国城市水务产业发展?——基于中国省际面板数据的分析[J]. 管理世界, 2011(2).
- [35] Cambini, C., L. Rondi. Incentive regulation and investment: Evidence from European energy utilities[J]. *Journal of Regulatory Economics*, 2010(1).
- [36] 张梁梁, 杨俊. 社会资本、政府治理与经济增长[J]. 产业经济研究, 2018(2).
- [37] Lin, B. Q., Z. J. Jiang. Designation and influence of household increasing block electricity tariffs in China[J]. *Energy Policy*, 2012, 42.
- [38] Hung, M. F., T. H. Huang. Dynamic demand for residential electricity in Taiwan under seasonality and increasing-block pricing[J]. *Energy Economics*, 2015, 48.
- [39] 龚承柱. 天然气终端市场定价模型与政策模拟研究[D]. 武汉: 中国地质大学博士学位论文, 2016.

Public Welfare Effect of Price Regulation on Chinese Resident Gas and Scenario Analysis of Increasing Block Tariff Optimization

XIAO Jian-zhong, LI Ming, WANG Xiao-lin

Abstract: Combined with the current natural gas market reform background, this paper uses the dynamic panel model to analyze the impact of China's natural gas market price regulation on public welfare over the past ten years, and compared different pricing policies and changes in public welfare by analyzing the different scenarios under the current residential gas ladder pricing. The main conclusions are as follows: Price regulation does not show a consistent positive effect on public welfare indicators. The government's natural gas market low gas price policy has not significantly improved the public welfare level of residents. The construction of urbanization and natural gas pipeline networks help to improve the public welfare level of residents. The current residential gas pricing method has reduced the waste of natural gas for residents. However, compared with the ladder pricing plan formulated by the National Development and Reform Commission, there is still room to propose a ladder pricing structure that takes into account public welfare and market efficiency.

Key words: resident gas; price regulation; GMM estimation; increasing block tariff; public welfare

(责任编辑 朱 蓓)