

国际油气价格动态关系对 中国天然气定价机制改革的启示*



席雯雯^{1,2} 姬强^{2**} 范英^{3**}

1 中国科学技术大学管理学院 合肥 230026

2 中国科学院科技战略咨询研究院(筹)能源与环境政策研究中心 北京 100190

3 北京航空航天大学经济管理学院 北京 100191

摘要 文章从国际视角量化分析了国际天然气价格与石油价格之间的动态关系,并针对我国当前的天然气价格改革现状,对我国天然气市场发展和定价机制的改革方向提出了政策建议。研究发现,页岩气革命导致了当前国际油气价格呈现“分离”态势,这也是天然气市场化的必然结果。然而,油气价格之间的弱联动性仍然存在,且在当前国际低能源价格的态势下,我国应抓住契机,进一步推动天然气价格的市场化改革。

关键词 国际油气价格动态关系,马尔可夫机制转换协整模型,天然气定价改革

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.2016.07.010

随着能源供应局势的渐趋紧张和气候变化问题的日益严峻,大力开发和高效利用天然气正成为许多国家寻求保障能源供应安全和减少二氧化碳排放的重要战略措施。

“十一五”以来,我国天然气需求进入加速发展时期,2014年全国天然气消费量达1800亿立方米,较2005年上涨近3倍,年均增幅高达16.3%。根据国务院发布的《能源发展战略行动计划(2014—2020年)》,2020年,我国天然气消费量在一次能源消费中的比重将达10%以上,天然气将成为我国低碳能源转型的关键途径。在此背景下,天然气价格改革成为我国“十三五”能源规划中的重要内容,而我国天然气价格改革的核心仍将围绕市场化定价继续深入。

我国天然气出厂价定价机制经历了政府统一定价阶段(1956—1993年)、政府定价与指导价并存阶段(1993—2005年)、国家指导定价阶段(2005—2011年),目前进入国家指导价向市场化定价过渡阶段(2011—2015)年^[1]。2011年起,通过在“两广”地区开展试点,我国逐步引入和推广“市场净回值”定价方法,将天然气价格与其替代能源价格挂

*资助项目:国家自然科学基金(71133005、91546109、71203210)

**通讯作者

预出版日期:2016年5月6日

钩。2015年4月1日国家发改委发布的《理顺非居民用天然气价格的通知》实现了存量气与增量气的价格并轨，成为市场化改革的关键一步。然而，目前我国天然气定价还存在一系列问题，特别是当前天然气进口价格采取与燃料油及液化石油气的热值比对挂钩的定价模式，造成了天然气价格与替代能源比价不合理、天然气价格的调整不能及时与替代能源价格变化保持同步、不能反映天然气市场供求关系等一系列问题^[2]。而油气联动的定价模式也必然将在我国天然气放开市场化定价后受到挑战。

天然气价格改革其实是一个世界性命题。世界主要天然气市场的发展历史表明，天然气定价机制会随着不同发展阶段市场条件的变化而变化。美国是目前世界上天然气定价机制市场化程度最高的区域，已经完全实现了气对气竞争定价，天然气价格由供需相互作用决定。美国的天然气市场定价也经历了从严格管制，到逐步放松管制，最终完全放开的过程。在这一过程中，油气关系的演变能够很好地反映天然气市场定价机制的转变以及市场内在驱动机理的演化。我国天然气价格正处于向市场化改革的过渡阶段，特别是天然气价格与替代燃料价格存在一定的比价关系这一定价基准与国际市场极为相似。而且，我国成品油定价已经实现了与国际间接接轨的定价模式，这使得国际油气关系的变化对于我国天然气定价机制的设计具有很好的参考价值。因此，量化分析国际油气价格的动态协调关系能够使我们更好地掌握国际价格规律，为我国未来天然气价格改革的机制设计和市场化改革方向提供很好的国际经验。

关于石油价格与天然气价格协调关系的研究一直是研究天然气价格规律的重要方向，许多学者运用误差修正模型、向量自回归等计量经济学模型得出油气价格存在稳定的协整关系，例如：Yücel与Guo^[3]、Bachmeier与Griffin^[4]、Villar与Joutz^[5]、Ji等人^[6]研究发现石油和天然气价格是协整的；Brown与Yücel^[7]考虑了天气、库存等天然气价格的工业驱动因素，得出油价波动对天然气价格变化有显著影响；Hartley等人^[8]发现油

气价格是长期相关的，短期的价格分离由生产库存、季节转换、飓风引起的供应中断等外部因素引起。然而，这些结论大都是基于2008年之前的数据得到的。

近年来，由于美国页岩气革命的爆发，北美天然气工业快速发展，对北美天然气市场造成了巨大冲击，天然气价格走势偏离了原有的轨道，油气关系开始出现新的变化。国内外学者开始更多地关注油气价格关系是否稳定，通过脉冲响应函数、结构断点检验等计量方法探究油气价格关系是否发生了结构变化。De Bock与Gijon^[9]分析得出，2005年左右，美国天然气价格和石油价格的联系有所减弱。Ramberg与Parsons^[10]、Erdös^[11]、Brigida^[12]的研究均表明，石油和天然气的价格关系在2009年出现了结构性变化，二者的相依性不再像先前那样紧密，而是出现了明显的“分离”。而我国未来要进行天然气价格市场化改革也必然将面临油气关系难以维持在一个稳定水平的难题，这显然与当前油气比价的定价机制存在矛盾。因此，通过对国际油气关系的动态研究可以在一定程度上为我国天然气价格设计更灵活的定价机制提供参考。

以往的研究大多运用线性的协整检验或自回归方法探讨石油与天然气价格的关系，难以有效捕捉油气价格关系的动态变化。文章的主要贡献在于运用状态空间模型量化估计油气价格之间的动态关系，并通过建立马尔科夫机制转换模型，由一致有效估计客观识别油气价格关系的状态转移机制。同时，文章将投机、天气、库存等外生影响因素引入模型，综合考虑不同机制下各因素对天然气价格的作用机理。基于北美油气价格关系的动态变化，结合我国现阶段天然气发展情况，文章对我国天然气市场发展和定价机制的改革提出了针对性建议。

1 模型方法

采用状态空间模型刻画二者的动态关系演变；利用马尔科夫机制转换模型探究二者关系发生的结构性变化，确定结构突变的时间，并得出不同机制下的差异化

关系。综合使用上述方法，可以对油气价格的关系进行客观、全面的分析。

1.1 状态空间模型

油气价格关系往往因为受到众多外部因素的干扰而表现出时变特征，这种变化无法用固定参数模型表现出来。为了探究石油与天然气价格关系的变化，本文引入含外生控制变量的状态空间模型，建立可变参数模型的状态空间表示如下：

量测方程为：

$$\begin{aligned} \ln P_{Gas,t} = & \alpha_1 + \beta_t \ln P_{Oil,t} + \alpha_2 PNL_t + \alpha_3 Sto_t + \alpha_4 Rig_t \\ & + \alpha_5 Sh_t + \alpha_6 CDDDev_t + \alpha_7 HDDDev_t + \varepsilon_t, \end{aligned} \quad (1)$$

状态方程为：

$$\beta_t = \alpha_8 \beta_{t-1} + \mu_t \quad (2)$$

$P_{Gas,t}$ 为天然气价格， $P_{Oil,t}$ 为原油价格， PNL_t 代表天然气期货的投机压力， Rig_t 为气井数量， Sto_t 为天然气的库存水平， Sh_t 代表飓风引起的天然气供应中断量， $CDDDev_t$ 和 $HDDDev_t$ 分别表示制冷日度数与取暖日度数偏离历史平均值的水平。 β_t 用于刻画天然气对原油的价格弹性，弹性系数越大，原油价格变化对天然气价格的作用越明显。通过 β_t 的变化趋势得到不同时期油价对气价的动态关系。 ε_t 和 μ_t 分别是量测方程和状态方程的扰动项，它们分别服从均值为 0、方差为 δ^2 和 θ^2 的正态分布，另外假设二者不存在相关性。

1.2 马尔科夫机制转换协整方程

在了解油气价格动态关系的基础之上，我们希望进一步探究，二者是否发生了结构上、机制上的变化。当天然气价格与原油价格的关系受到金融危机、技术变化等突发事件的直接冲击或间接影响时，可能会发生结构性改变，传统的线性方程无法刻画结构变化，需要通过其他方法来判断结构突变的时间节点。马尔科夫模型用于使用前一种状态推算紧随其后一种状态的转移概率。本文采用 Hamilton 给出的马尔科夫机制转移模型的极大似然估计 (ML) 算法^[13]进行估计，客观识别油气价格关系的结构性变化。假设不可观测的状态变量为 s_t ，它

表示 t 时刻系统所处的状态。设 M 为状态个数，则 $s_t \in \{1, \dots, M\}$ 。因此被观测到的时间序列向量 y_t 的条件概率密度为：

$$P(y_t | Y_{t-1}, s_t) = \begin{cases} f(y_t | Y_{t-1}, \theta_1), & \text{if } s_t = 1, \\ \dots \\ f(y_t | Y_{t-1}, \theta_M), & \text{if } s_t = M, \end{cases} \quad (3)$$

θ_i 为模型中的参数向量， s_t 是具有离散值随机变量的马尔科夫链， $i=1, 2, \dots, M$ ， Y_{t-1} 为观测值的滞后一期值。

模型中回归系数应当随机制不同而变化，我们将模型设定如下：

$$\ln P_{Gas,t} = v(s_t) + \theta(s_t) \ln P_{Oil,t} + B_t(s_t) X + u_t, \quad (4)$$

其中， $t=1, 2, \dots, T$ ， $u_t \sim NID(0, \delta^2)$ ，即设定误差项方差不是机制独立的，而截距项和回归系数为机制独立的， X 是外生控制变量矩阵， s_t 表示 t 期所处的状态。也就是说，油气价格在长期中存在几种不同的协整关系，而在短期中的协整关系是唯一的、稳定的，二者的关系在几种机制之间进行转换。

2 数据与实证分析

本研究选取的样本是 1997 年 1 月—2014 年 8 月期间的周度数据。价格数据采用美国能源信息署 (EIA) 公布的 Henry Hub 天然气期货价格和西德克萨斯中质 (West Texas Intermediate, WTI) 原油的近月期货价格。选取的天然气价格驱动因素包括投机压力指数、天然气库存水平、钻井数、飓风引起的天然气供应中断量以及天气情况。利用非商业净头寸在总投机交易量中的占比构造投机压力 (PNL)，代表期货市场中的投机力量^[14]，所需的原始数据来自美国商品交易委员会 (CFTC)。由于天然气的消费是季节性的，一部分天然气在夏天被存储起来以供冬天使用，这会导致天然气的冬季价格高于夏季价格，天然气库存水平和制冷日度数 (Cooling Degree Days, CDD) 和取暖日度数 (Heating Degree Days, HDD) 都能够侧面反映出这种差异。天然气库存水平数据来自 EIA，计算原始数据与过去 3 年平均水平的差值，体现参考历史水平后的库存变动情况^[6]。制冷/取

暖日度数数据从美国国家气候资料中心 (National Climate Data Center, NCDC) 获得。根据 $HDDDev_i = HDD_i - HDDAvg_i$ 和 $CDDDev_i = CDD_i - CDDAvg_i$, 计算出制冷/取暖日度数偏离历史均值的水平, 历史均值由 1971—2000 年的气温数据计算得到。天然气钻井数量的数据来源于贝克·休斯公司 (Baker Hughes)。随着天然气价格下降到低于边际成本价格水平, 天然气价格对钻井数量变得更为敏感, 即当气价上涨时, 钻井平台进行联机, 反之平台被闲置^[7], 因而天然气钻井数量也被看作影响气价的因素之一。飓风引起的天然气供应中断也会在一定程度上影响价格, 采用墨西哥湾地区的天然气供应中断量作为代表, 数据来源于美国海洋能源管理局 (Bureau of Ocean Energy Management, BOEM) 和美国安全与环境执法局 (Bureau of Safety and Environmental Enforcement, BSEE)。

2.1 天然气价格与原油价格的动态相关关系

在检验天然气价格与原油价格的动态关系时, 引入影响天然气价格的短期影响因素作为外生控制变量。根据方程 (1)、(2) 建立的动态模型, 利用卡尔曼滤波算法得到估计结果如表 1、图 1。

表 1 状态空间模型估计结果

系数	对应变量	回归值	ρ 值
α_1	无	0.272	0.1064
α_2	<i>PNL</i>	0.00148	0.0000***
α_3	<i>Sto</i>	-0.00276	0.0000***
α_4	<i>Rig</i>	-4.37×10^{-6}	0.9699
α_5	<i>Sh</i>	-1.58×10^{-5}	0.6973
α_6	<i>CDDDev</i>	0.00416	0.0181**
α_7	<i>HDDDev</i>	0.00374	0.0000***
α_8	β 滞后	0.999	0.0000***

注: *, **, *** 分别代表在 10%、5% 和 1% 水平下显著

表 1 中的回归结果显示, 投机压力、库存水平、制冷日度数和制暖日度数与其历史水平的差异对天然气价格的变化有显著影响。这一结果与石油市场的结论极为

相似^[14], 也验证了北美天然气价格形成机理符合市场化定价的规律。根据表 1, 投机压力对天然气价格有显著的正向影响, 这也说明天然气期货市场的建立正在给天然气价格赋予金融属性。制冷日度数和取暖日度数均对气价也有显著的正向影响, 说明极端天气是研究天然气价格规律不可忽视的重要因素。通常, 极端天气会造成天然气需求的突然增加, 导致天然气价格出现短期较大幅度的波动, 使得天然气价格表现出明显的季节性规律。此外, 库存水平对天然气价格有显著的正向影响, 说明天然气价格对于库存的变化比较敏感。当天然气库存上升, 市场往往处于供过于求的状态, 天然气价格会随之下降; 反之, 当天然气库存下降, 天然气需求紧缺, 会推动天然气价格的上涨。

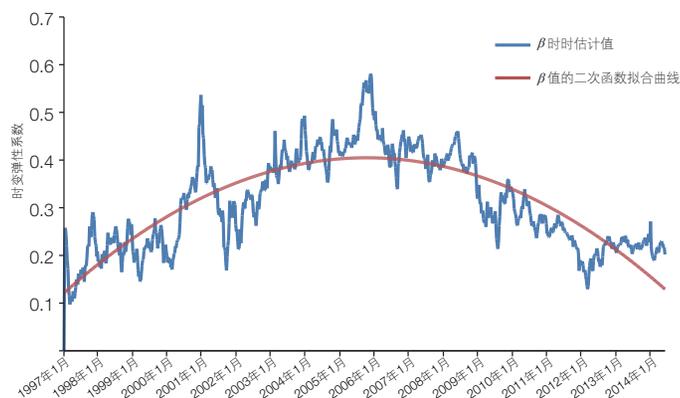


图 1 时变弹性系数动态值

如图 1 所示, 样本期内, 时变弹性系数呈现先上升后下降趋势, 在 2006 年达到峰值。1997—2006 年间, 原油价格对天然气价格的影响作用逐渐增大。这一时期, 页岩气开采技术仍未得到推广, 北美地区天然气供应紧张, 一定程度上依赖于进口, 油气之间的替代关系对气价变化有较强的主导作用。作为清洁的化石能源, 天然气在取暖、发电、交通等领域的应用越来越广泛, 石油与天然气的替代关系也随之增强, 使气价对油价的弹性系数表现出上升趋势。2000 年夏, 美国加利福尼亚州爆发了供电危机, 持续至 2001 年上半年, 各种综合因素的作用带动了天然气价格上涨。2003 年伊拉克战争

爆发前夕，供应短缺导致油价慢慢爬升，天然气价格也随之上升。在之后相当长一段时期内，油气价格关系相对稳定。2006年前后，天然气对原油的价格弹性系数出现了转变，由上升趋势转变为下降趋势，这是由于美国迎来“页岩气”时代，水平井钻井和水力压裂技术的结合使用增加了非常规气特别是页岩气的产量，并降低了生产成本，供应增加与成本降低的双重作用打压气价下行，天然气市场的内部因素成为天然气价格走势的主因，油气关系开始分离。

2.2 天然气价格与原油价格的状态转移机制

通过我们的验证，天然气对原油的价格弹性系数发生了变化，据此推测油气价格关系可能出现了结构上的变化，通过马尔科夫机制转换协整方程可以描述非线性状态变化情况，同时将线性协整方程作为对比（表2）。

表2 单一状态及两状态协整方程估计结果

机制状态	线性协整方程	MS协整方程	
	1	1	2
v	0.5507***	-0.0054	0.3927***
$LnPoit$	0.2788***	0.2165***	0.3893***
PNL	-0.0002	0.0009**	0.0071***
Sto	-0.0003***	-0.0004***	-0.0003***
Rig	-0.0004***	0.0005***	-0.0001***
Sh	0.0014***	0.0004**	0.0009***
$CDDDev$	0.0026	-0.0089***	0.0062*
$HDDDev$	0.0111***	0.0055***	0.0052**
log-likelihood	-288.0433	364.7108	
AIC	0.6472	-0.7532	

注：*、**、*** 分别代表在 10%、5% 和 1% 水平下显著

对比线性协整方程和两状态协整方程的对数似然值（log-likelihood）和信息准则值（AIC），可见两状态方程能够更好地描述这一过程，这意味着样本期内的油气价格的关系在机制上确实发生了转变。在 MS 协整方程中，可以看出除原油价格外，其他变量都不同程度地影响天然气价格。在两个状态中，原油价格、库存水平、天然气钻井数对气价的影响始终在 1% 水平下显著，而投机压力、飓风引起的供应中断在状态 2 的影响比在状态 1 更显著，制冷、制暖日度数冲击在状态 2 的影响不

如在状态 1 显著。

结果表明，油气价格关系存在两个显著不同的状态，油价对数的系数估计值分别为 0.2165 和 0.3893，分别代表原油价格对天然气价格的两种机制（弱影响和强影响）。图 2 为天然气价格与原油价格的马尔科夫协整模型的状态转换图。同一状态持续期较长的时段为：1997 年第 1 周至 2000 年第 38 周（状态 1）、2002 年第 41 周至 2009 年第 10 周（状态 2）、2010 年第 10 周至 2014 年第 34 周（状态 1）。而 2000 年末到 2002 年末、2009 年初到 2010 年初为机制转换的过渡时期。第一次机制转换发生在 2000 年到 2001 年间，这一时期爆发了加州供电危机，导致气价暴增，油气价格关系随之发生变化。第二次机制转换发生在 2009 年到 2010 年初，主要是由 2008 年北美遭遇的金融危机引起，危机导致了美国经济增速放缓，能源需求下降，伴随页岩气产量的大幅上升，一并拉低了天然气价格。上述发现可以推断，市场化的天然气定价机制使得天然气价格更容易受到供需、投机、天气等众多因素的影响，油价只是影响天然气价格变化的一个因素。天然气价格的变化更多受市场基本面和非基本面因素的影响，油价对天然气价格的作用不再占据主导地位。特别是在北美页岩气革命以后，供过于求的宽松平衡成为影响天然气价格长期处于低位的决定性因素，这也是导致油气价格协同性减弱的主因。

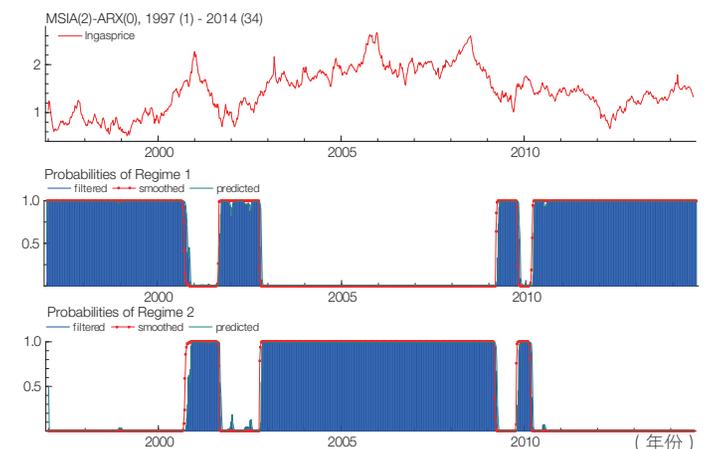


图2 天然气价格与原油价格的马尔科夫机制转换模型概率图

3 结论及对我国的启示

通过本文的研究发现,市场化的天然气定价容易受到许多内在动因变化与外在冲击的影响,使得油气价格关系呈现出动态变化。页岩气革命的成功带来了该区域的天然气供需关系变化,原油价格对天然气价格的影响力相对弱化,二者关系呈现逐步“分离”的态势。但鉴于两种能源存在竞争、替代关系,当供需平衡时,二者的协同关系会趋于稳定。当下全球天然气液化及接收能力在增加,北美液化天然气或将出口至欧洲和亚洲市场,将会对欧亚的天然气定价模式形成冲击。

国际天然气市场正处于特殊的发展阶段。一方面,继北美、英国完成天然气的市场化改革之后,欧洲、亚洲各国也在积极进行价改尝试,逐步放松政府对天然气市场的干预,建立适合天然气市场发展的新定价模式;另一方面,交易形式灵活的液化天然气在全球范围内迅速推广,带来了区域间天然气的流动性增强,全球天然气市场呈现出一体化趋势。由此可见,统一的全球市场是未来天然气交易发展的必然方向。在当前大背景下,我国也需要顺应历史潮流,加快天然气市场化的进程,探索适合我国国情的定价机制,保障天然气市场的健康发展。本文从政策角度出发,为我国天然气市场的进一步发展方向提出3点建议。

(1) 追踪国际原油市场价格波动规律,及时调整天然气定价。原油市场价格波动复杂多变,对天然气市场改革而言,既是机遇,又是挑战。2014—2015年国际油价持续走低,为我国天然气价改提供了良好的契机,非居民用气价改目标得以提前完成。目前,我国天然气价格采用与燃料油和液化石油气的热值比较公式计算获得,受国际油价影响较大,现行的一年制气价调整周期不足以及时跟进油价变化,无法实时反映真实的比价关系,对市场供需变化的敏感度较低。随着我国天然气市场的不断完善,调价周期也应变得更为灵活,动态的天

然气定价模式有利于实现供应侧与需求侧的信息传导,从而提高资源配置效率。

(2) 建立天然气期货,形成反映自身供需变化的价格。天然气现货市场和期货市场的建立对于市场化改革具有积极的推动作用。近年来,我国的天然气贸易量不断攀升,现货市场的参与者众多,并且天然气管网建设日趋完善,已经具备了建立天然气期货市场的外部条件。然而,我国当前的天然气价格却并不能准确反映市场的供需变化,造成了市场的价格失真,市场监管者缺乏必要的渠道,对市场信息掌握不足,不利于改革的发展。期货市场的建立能够优化资源配置,准确地反映市场的供求关系,完善市场的价格发现机制。同时,期货市场的发展也有利于形成区域的天然气交易中心,提升我国在天然气定价方面的话语权。

(3) 开放上游市场,引入自由竞争机制,建立多元化供应体系。竞争性是市场化改革的前提。北美天然气市场化改革的成功在于其降低了管网公司的市场支配力,促进了天然气卖方之间的市场竞争。我国也应该开放上游市场、引入公平竞争机制激励天然气资源的高效利用、推动关键技术的突破性发展,从而带动我国天然气产量上升,提高自身供应能力。同时,放松上游价格管制会使生产商在竞争过程中形成较低的出厂价格,有利于天然气各环节利润的重新分配,间接调动分销商和下游产业的积极性,拉动天然气消费量不断增长。此外,建立常规气与非常规气、自产气和进口气共存的多元化供气格局,对于我国保障天然气供应安全、提高国际贸易地位也具有至关重要的作用。

我国天然气市场化改革面临诸多挑战。在国家的监管和调控下,未来我国天然气价格会更多地反映市场规律,市场也将逐步变得自由、开放。面对国际天然气市场的新变化,我国也要把握机遇,迎接挑战,在国际市场中争取更多权益,实现我国天然气市场的持续、健康发展。

参考文献

- 1 董康银, 孙仁金, 李慧, 等. 我国天然气价格改革构想研究——基于天然气产业链角度分析. 价格理论与实践, 2015(10): 60-77.
- 2 沈细能. 基于油气比价合理化的天然气价格调整思路. 成都: 西南石油大学, 2012.
- 3 Yücel M K, Guo S Y. Fuel taxes and cointegration of energy prices. *Contemporary Economic Policy*, 1994, 12(3): 33-41.
- 4 Bachmeier L J, Griffin J M. Testing for market integration: Crude oil, coal, and natural gas. *The Energy Journal*, 2006, 27(2): 55-71.
- 5 Villar J, Joutz F L. The relationship between crude oil and natural gas prices. Washington, D.C.: Energy Information Agency, Office of Oil and Gas, 2006.
- 6 Ji Q, Geng J B, Fan Y. Separated influence of crude oil prices on regional natural gas import prices. *Energy Policy*, 2014, 70(7): 96-105.
- 7 Brown S P A, Yücel M K. What drives natural gas prices? *The Energy Journal*, 2008, 29(2): 43-58.
- 8 Hartley P R, Medlock III K B, Rosthal J E. The relationship of natural gas to oil prices. *The Energy Journal*, 2008, 29(3): 47-65.
- 9 De Bock R, Gijon J. Will natural gas prices decouple from oil prices across the pond? WP/11/143. Washington, D.C.: International Monetary Fund, 2011.
- 10 Ramberg D J, Parsons J E. The weak tie between natural gas and oil prices. *The Energy Journal*, 2012, 33(2): 13-35.
- 11 Erdős P. Have oil and gas prices got separated? *Energy Policy*, 2012, 49: 707-718.
- 12 Brigida M. The switching relationship between natural gas and crude oil prices. *Energy Economics*, 2014, 43: 48-55.
- 13 Hamilton J D. Analysis of time series subject to changes in regime. *Journal of Econometrics*, 1990, 45: 39-70.
- 14 Ji Q. System analysis approach for the identification of factors driving crude oil prices. *Computers and Industrial Engineering*, 2012, 63(3): 615-625.

Policy Inspiration for China's Pricing Mechanism Reform from Dynamic Relationship of International Oil and Gas Price

Xi Wenwen^{1,2} Ji Qiang² Fan Ying³

(1 College of Management, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China;

2 Institute of Science and Development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;

3 School of Economics & Management, Beihang University, Beijing 100191, China)

Abstract As energy supply situation becomes tighter and the climate change problem becomes more urgent, many countries vigorously develop and utilize natural gas to ensure the safety of energy supply and reduce carbon emission. China's natural gas demand has entered into a period of rapid growth, and the natural gas reform with the core of market-oriented pricing has become an important part of China's energy strategic planning. At present, China's natural gas price is linked to the alternative energy prices, which is facing a series of problems. The US natural gas market with highest level of marketization has also experienced price control period. In the process of deregulation and forming a competitive market, the evolution of the relationship between oil and gas prices could reflect the changes of natural gas pricing mechanism and its internal causes. According to the quantitative analysis of the relationship between oil and gas prices in North America, we could have a better understanding of the laws of international natural gas prices, and offer inspirations for China's natural gas pricing reform and market-oriented

reform. In this study, with dynamic modeling thoughts, we research on the dynamic changing law between international oil prices and natural gas prices represented by the North America market. We take exogenous factors like speculation, inventory, and weather into consideration, and use state space model and Markov regime switching model to study on the comovement of oil prices and natural gas prices. The results indicate that after the shale gas revolution, the relationship between oil and gas prices of North America presents weakening gradually showing a trend of “decoupling”. There is no long-term cointegration between oil prices and natural gas prices, while there is a dynamic equilibrium with the development of the market. Under the market-oriented pricing mechanism, natural gas market price is easily influenced by many factors like supply and demand, speculation, weather and so on. The international natural gas market is in a special stage, in which the countries with natural gas price controls are gradually carrying out deregulation. Meanwhile, the rapid promotion of LNG increases the liquidity of inter-regional natural gas trade, and the global natural gas market shows a trend of integration. Under this background, China should accelerate the process of marketization and explore the pricing mechanism which is suitable for the national situation. On the basis of our research results, we put forward several implications for future direction of China’s natural gas market, including: (1) track the price fluctuation laws of international crude oil market, and adjust the natural gas pricing in time; (2) establish natural gas futures, which helps form the price that reflects the changes of domestic supply and demand of natural gas; and (3) open the upstream market, introduce competition mechanisms, and establish a diversified supply system.

Keywords dynamic relationship of international oil and gas price, Markov regime switching cointegration model, natural gas pricing reform

席雯雯 中国科学技术大学管理学院与中科院科技战略咨询院（筹）联合培养硕士研究生，研究方向：能源经济与天然气市场。E-mail: caumathxww@163.com

Xi Wenwen Joint training master student of University of Science and Technology of China (USTC) and Institute of Science and Development. Her research focuses on energy economics and natural gas market. E-mail: caumathxww@163.com

姬强 男，中科院科技战略咨询研究院（筹）副研究员。长期从事能源经济学、能源安全战略管理、能源市场量化分析及价格预测的研究工作，在国内外重要学术期刊发表论文40余篇。E-mail: jqwxnjq@163.com

Ji Qiang Male, associate professor of Institute of Science and Development, Chinese Academy of Sciences. His research focuses on energy economics, energy security strategy management and quantitative analysis and forecast on energy market. He has published over 40 papers in peer reviewed journals. E-mail: jqwxnjq@163.com

范英 女，北京航空航天大学经济管理学院院长，博士生导师。长期从事能源经济学、能源金融、能源环境与气候政策的研究工作，在国内外重要学术期刊发表论文200余篇。获国家杰出青年科学基金，入选中科院“百人计划”。E-mail: yfan@casipm.ac.cn

Fan Ying Female, dean and professor of School of Economics and Management, Beihang University (BUAA). Her research and teaching fields include energy-environment-economy system modeling, energy finance, climate change, and energy and environmental policy. She has carried out over 50 research projects, published over 200 papers in peer reviewed journals. She won the research grant for distinguished young scientists sponsored by NSFC and Hundred Talents Program sponsored by CAS. E-mail: yfan@casipm.ac.cn