



# 中国天然气工业上市公司的三阶段 DEA 效率演进

姜凌舟<sup>a</sup>, 梁 芹<sup>b</sup>

(重庆大学 a. 法学院; b. 经济与工商管理学院, 重庆 400044)

**摘要:**天然气市场的稳定、健康发展关系到国家能源安全战略目标的实现、企业巨额投资的回收以及天然气用户的使用。深入研究中国天然气市场现状,分析市场发展瓶颈,定量研究天然气企业的经营效率及影响因素,积极探索中国天然气市场的正确发展思路具有重要意义。文章根据2000-2011年间中国天然气工业企业上市公司的非平衡面板数据,采用三阶段DEA模型分析其技术效率(TE)、纯技术效率(PTE)和规模效率(SE)。研究发现,50%以上的样本公司均未达到有效前沿,而导致技术效率(TE)低下的原因主要是由于公司规模未处于最佳状态,即规模效率值(SE)偏低。纯技术效率值(PTE)整体较高,说明各天然气公司主管的经营管理整体效果较好,未发生重大决策失误,且该效率受外界环境因素影响较小。规模效率值(SE)整体波动则最为明显,且波动路径与技术效率(TE)值的波动路径几乎相同。

**关键词:**天然气企业;效率;三阶段DEA模型

**中图分类号:**F062.9

**文献标志码:**A

**文章编号:**1008-5831(2013)06-0042-08

随着世界经济迅速发展,人口急剧增加,能源消费不断增长,温室气体和各种有害物质排放激增,人类的生存环境受到了极大挑战。在这种形势下,清洁的、热值高的天然气能源正日益受到重视,发展天然气工业成为世界各国改善环境和维持经济可持续发展的最佳选择<sup>[1]</sup>。

天然气是国民经济基础性资源,是重要的能源品种和化工原料,是所有化石能源中最清洁的能源品种,也是最为可能的低碳经济发展路径选择之一。中国拥有丰富的天然气资源,但受管网建设不足和其他资源竞争的影响,天然气市场发展相对滞后。直到2004年“西气东输”工程的建成投产,中国天然气市场才开始步入快速发展阶段。到目前为止,与国际平均水平相比,中国天然气的普及率仍比较低。由于天然气工业基础相对比较薄弱,天然气在中国能源消费结构中的比例长期在3%左右。但随着中国天然气管网、储气库等基础设施建设的不断加快,逐步形成统一的全国天然气骨干管网,国内各大气田的天然气产能和产量将迅速增长,进口天然气渠道将不断拓宽,从而形成多元化的供气格局。因此,中国天然气消费量将保持快速增长,天然气在中国能源结构中所占比例也将不断提高<sup>[2]</sup>。

天然气市场的稳定、健康发展关系到国家能源安全战略目标的实现、企业巨额投资的回收以及天然气用户的使用。然而,由于当前中国的天然气市场尚处

收稿日期:2013-05-13

作者简介:姜凌舟,男,重庆人,重庆大学法学院博士研究生,主要从事环境资源管理研究。

于高度垄断的状态,因此其整体经营效率普遍较低,而低效率的企业运作必然将阻碍中国天然气市场的有序、高速发展。随着世界经济全球化程度越来越高,中国的天然气市场也将逐渐向外国企业开放,唯有不断提高本国天然气企业的经营效率,提高企业竞争力,才能免受冲击,健康发展。因此,目前亟须深入研究中国天然气市场现状,分析市场发展瓶颈,定量研究天然气企业的经营效率及影响因素,积极探索中国天然气市场的正确发展思路。

### 一、文献综述

市场结构是行业研究的起点,市场效率是研究的落脚点。由于中国天然气市场发展较为迟缓,且目前仍由政府管制,市场化程度非常低,关于其具体的市场结构状况的研究当前几乎没有。因此本文将其他市场(如石油市场)<sup>[3]</sup>的研究方法应用于天然气市场的研究,主要从市场集中度、市场进入壁垒来进行理论分析。

在市场效率研究上,天然气工业企业属于垄断企业,因此其价格的制定主要依靠成本,这也在一定程度上导致了企业的无效率性。为了解决该问题并不断提高企业的运营效率,各国研究学者开始利用参数法和非参数法研究企业的效率。

当前,衡量企业经营效率的模型主要可分为两类:一类是依据财务学发展起来的财务比率分析法。另一类是采用经济学观念估计生产边界函数来衡量生产效率,其主要包括利用计量方法的参数法和利用数学规划方式的非参数法(即数据包络法, data envelop analysis, DEA)。Charnes 等<sup>[4]</sup>提出了第一个基于 DEA 方法的模型(CCR 模型),其本质是根据一组关于输入输出的观察值来估计有效生产前沿面并对其进行多目标综合效率评价,适用于多输入多输出同类 DMU 的有效性评价。Banker 等<sup>[5]</sup>放松了规模报酬不变的假设,提出 BBC 模型。DEA 模型具有阶段性,传统一阶段 DEA 模型,是将所有的投入和产出变量与相关的环境变量(先归类为投入或产出项)直接同时纳入,一起估算生产边界与效率。此方法主要问题在于研究都通常事先并不知道环境变量对效率的影响的关系,若环境变量归类判断错误,则所求得之效率值将会有所偏误。为测度环境变量对决策单元效率的影响程度,Coelli 提出了二阶段 DEA 法,但该模型在实际应用中仍无法排除环境和

统计噪音对效率值的影响,因此 Fried 等提出了能够排除环境和统计噪音影响的三阶段 DEA 模型。三阶段 DEA 模型最大的特点就是能够将影响效率的环境因素及随机误差剔除,从而得到只反映管理水平的效率值。目前,在中国三阶段 DEA 模型主要运用于商业银行、保险市场、制度实施效率测评方面,如黄宪<sup>[6]</sup>、方燕和白先华<sup>[7]</sup>等。但国内尚无学者运用该方法来分析天然气工业企业效率。

本文将 Fried 等<sup>[8]</sup>所提出的三阶段 DEA 分析法运用在对天然气工业上市企业 2000 - 2011 年的运营效率分析上,调整环境变量与随机干扰等因素的影响,以期能对中国天然气工业企业的经营效率进行更准确的评估。同时,深入分析天然气市场结构与效率之间的关系,从而为中国天然气市场结构的调整与效率的提高提供一些有用的建议。

### 二、天然气市场结构

所谓市场结构是指市场的竞争程度、价格形成、市场准入等具有战略性影响的市场组织特征,其中表现了市场的竞争与垄断程度。决定市场结构的因素主要包括:市场主体的数量、规模和市场份额;市场集中度;产品差异化;进入和退出壁垒。

在市场结构的诸多要素中,集中度是指天然气市场中少数几家最大企业所占的收入、固定资产、利润等方面的份额,是区分市场结构类型的最有效、直观和重要的指标。本文选择各天然气上市公司固定资产所占份额来反映天然气行业集中度。

测量市场集中度的方法有:绝对法和相对法两种。绝对法的指标包括:CR<sub>n</sub> 指数、HHI 指数、HKI 指数和 EI 指数;相对法的指标包括:洛伦茨曲线、基尼系数和厂商规模的对数方差。这几个指标和方法在衡量市场集中度方面各有优劣,若能配合使用,效果更好<sup>[9]</sup>。但考虑数据获取的困难,计算的简便,本文选择了较为简单、又很能说明问题的 CR<sub>n</sub> 指数来测算天然气行业的集中度。集中率 CR<sub>n</sub> 的计算公式为:

$$CR_n = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{\sum_{i=1}^N X_i}$$

CR<sub>n</sub> 表示天然气行业中最大的 n 家天然气企业的固定资产所占的市场份额, n 通常取为 4。一般地, CR<sub>n</sub> 越大,意味着前 n 位企业对市场的操纵能力越强。本文采用贝恩创立的分类标准来评判 CR<sub>n</sub> 指数决定的竞争结构(表 1)。

表 1 贝恩指数竞争结构分类标准<sup>[10]</sup>

市场结构	寡占 I	寡占 II	寡占 III	寡占 IV	寡占 V	竞争型
CR <sub>4</sub> (%)	CR <sub>4</sub> ≥ 75	65 ≤ CR <sub>4</sub> < 75	50 ≤ CR <sub>4</sub> < 65	35 ≤ CR <sub>4</sub> < 50	30 ≤ CR <sub>4</sub> < 35	CR <sub>4</sub> < 30
该产业的企业总数 (家)	1 ~ 40	20 ~ 100	企业数较多	企业数很多	企业数很多	企业数极其多 不存在集中现象

2000年-2011年间,中国天然气行业的变化趋势如图1所示。

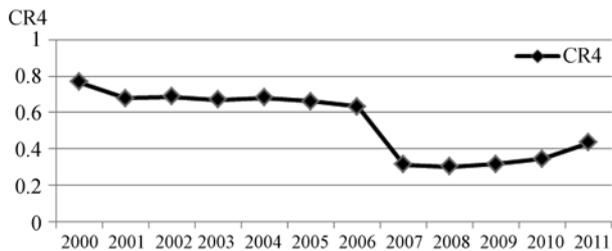


图1 中国天然气行业的变化趋势图

从图可1以看出,中国天然气行业的市场集中度非常高,寡头垄断性非常强,在2000年接近80%。但是,从2000年到2011年间,其垄断程度正不断降低,这也体现了天然气行业不断市场化的过程。高垄断的市场结构必然会导致企业效率低下。而形成这种高垄断的市场结构主要是由于政府管制和该市场的进入壁垒<sup>[11]</sup>。

中国天然气市场各个领域的准入情况不尽相同,在勘探开发领域,三大国有石油公司“划地域而治”的做法以及对外合作专营的做法使得其他资本进入存在一定难度;在管网建设运营领域,仅限于三大国有石油公司进行投资建设,其他企业限制投资管输环节;在城市配气和终端销售领域,正在实施的公共事业市场化改革为各种资本的进入提供了重要机遇。

### 三、研究方法

本文采用Fried等提出的三阶段DEA法分析中国天然气工业上市公司效率。该方法分为三个阶段。第一阶段利用公司的投入和产出值估计其原始效率,并找出其投入变量的差额值。在第二阶段,以该差额值为被解释变量,以影响效率值的外部环境变量为解释变量,利用TOBIT模型拟合差额值和环境变量的回归方程,并调整公司原有的投入值。第三阶段则是利用调整过的投入变量和原有的产出变量再次估计公司的效率值。

#### (一)第一阶段——传统BCC模型

本阶段采用传统投入导向的BCC模型计算原始投入产出的效率值。BCC模型在变动规模报酬(VRS)的假设下,将固定规模报酬的技术效率(technical efficiency,简称TE)分解为纯技术效率(pure technical efficiency,简称PTE)与规模效率(scale efficiency,简称SE)。纯技术效率是指在给定运作规模下,某DMU相对于其他DMU在相同产出水平下,能减少投入量、增加资源有效利用的能力,此效率值并不会因为该DMU未达到最佳规模而降低。低的纯技术效率代表管理者的决策错误,造成资源的浪费。规模效率则是指当DMU的生产技术可变动下,DMU是否处于最佳生产规模,使其产出水平所需的投入

量最低。低的规模效率表示厂商未达到最佳生产规模而造成的无效率。由此可得,表示造成技术无效率的原因包括来自生产技术上的无效率,以及DMU未处于最优规模的无效率。

假定有 $n$ 个决策单元(DMU),每个DMU有 $m$ 种投入和 $s$ 种产出,则BBC模型的数学表达式如下:

$$\begin{aligned} & \text{Min} \theta_k \\ \text{s. t} & \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta_k x_{ik}, i = 1, 2, \dots, m \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{rk}, r = 1, 2, \dots, s \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ & \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (1)$$

$\theta_k$ 表示第 $k$ 个决策单元的纯技术效率值(PTE), $0 \leq \theta_k \leq 1$ , $\theta_k$ 越接近1表示其纯技术效率越高。 $x_{ij}$ 表示第 $j$ 家天然气公司的第 $i$ 种投入。 $y_{rj}$ 表示第 $j$ 家天然气公司的第 $r$ 种产出。

将条件 $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ 去掉,则为CCR模型。在CCR模型下,可计算出技术效率值TE。其模型的数学表达式为:

$$\begin{aligned} & \text{Min} \bar{\omega}_k \\ \text{s. t} & \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta_k x_{ik}, i = 1, 2, \dots, m \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{rk}, r = 1, 2, \dots, s \\ & \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (2)$$

$\bar{\omega}_k$ 表示第 $k$ 个决策单元的技术效率值(TE)。由以上两个模型可计算出纯技术效率值(PTE)与技术效率(TE),两者有以下关系式:TE = PTE × SE,由此可以求得规模效率值SE。

#### (二)第二阶段——利用Tobit模型分解第一阶段投入差额

第一阶段在得出效率值的同时还得到各决策单位的投入差额值。所谓的投入差额(Slack),是指实际投入与最佳效率下(即TE和PTE均为1时)的投入之差,以 $[x - X\lambda] \geq 0$ 表示。该差额受三项因素的影响:环境因素(environmental effects)、随机干扰(statistical noise)和管理无效率(managerial inefficiencies),这些因素使得第一阶段效率值存在偏误。因此在第二阶段,将要估计环境变量对各天然气公司的效率值的影响,进行投入差额(Slack)变量的分析,将管理无效率、环境无效率、随机误差因素分离出来,并根据所得结果,调整投入值,即可求得不受环境因素与误差因素影响的效率值。

设 $S_{ij}$ 为第一阶段计算出来的第 $j$ 个DUM的第 $i$ 种投入的差额,则有:

$$S_{ij} = x_{ij} - X_{ij}\lambda \geq 0, i = 1, 2, \dots, m, \quad (3)$$

$$j = 1, 2, \dots, n$$

$S_{ij}$  表示第  $j$  家公司的第  $i$  种投入的实际值,  $X_{ij}\lambda$  表示第  $j$  家公司的第  $i$  种投入的最佳投入值。 $\lambda$  表示技术效率(TE)值。

在 Fried 等的模型中,第二阶段利用随机生产边界模型(SFA)分解第一阶段投入差额,但是考虑到第一阶段 DEA 模型所估算出来的差额变量值最小为 0,不得为负数,故有数据截断(Censored Data)问题产生,因此本文采用 Tobit 截断回归模型取代 SFA 回归模型来进行投入差额(slacks)的分解。

Tobit 回归模型属于因变量受到限制的一种模型,其概念最早是由 Tobin 提出,然后由经济学家 Goldberger 首度采用。Tobit 回归模型研究的是观察数据集的某些指标对于某些个体被截断的回归问题。该模型定义如下:

$$s_{ij} = \beta^0 + z_j\beta^i + v_{ij} \quad (4)$$

$Z_j = (Z_{1j}, \dots, Z_{ij})$  为外生环境变量,是影响投入差额的环境因素的观测值。需要估计的参数为  $\beta^i$ ,它是用来解释环境因素影响的参数变量, $v_{ij}$  表示随机干扰, $v_{ij} \sim N(0, 2)$ 。

本文采用 Fried 等的调整方法,以环境条件或运气较差的公司为基准,增加环境或运气相对较好的

公司的投入,将所有公司调整到相同的环境或运气条件,并同时考虑随机干扰的影响。调整公式为:

$$x_{ij}^A = x_{ij} + [\max\{z_j\beta^i\} - z_j\beta^i] + [\max\{\hat{v}_{ij}\} - \hat{v}_{ij}] \quad (5)$$

$x_{ij}^A$  为实际投入值  $x_{ij}$  的调整值, $v_{ij}$  表示残差。第一个中括号代表的是将所有公司调整于相同环境,第二个中括号表示将所有公司的统计误差(即面临的运气)调整到相同情形,投入调整值会随着投入和产出的不同而有所变动。

### (三) 第三阶段——调整后的 DEA 模型

用第二阶段调整的  $x_{ij}^A$  代替原有的  $x_{ij}$ ,并运用原有的产出项,再次采用 DEA 模型,计算出相应的效率值。此时所有 DMU 的效率值都去除了环境因素以及随机误差的影响,所反映的情况更加客观真实。

## 四、实证分析

### (一) 数据来源及指标选取

目前,国内资本市场涉及天然气工业的上市公司共有 9 家,但由于有 4 家公司在研究期间终止上市或被兼并,因此本文选取了 2000 - 2011 年天然气行业的 5 家天然气公司数据为样本进行研究:长春燃气、燃气股份、申能股份、中国石化、海油工程。各公司各年度所占市场份额如表 2 所示。样本公司所占的总的市场份额在各年度均在 40% 以上,因此该样本在天然气行业具有一定的代表性。

表 2 各样本公司在 2000 年 - 2011 年间所占市场份额表 (%)

公司名称	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
长春燃气	0.08	0.10	0.12	0.13	0.12	0.13	0.11	0.08	0.07	0.06	0.06	0.10
燃气股份	0.02	0.06	0.08	0.11	0.10	0.35	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.08
申能股份	0.94	1.00	1.26	1.37	1.86	1.72	1.50	0.51	0.98	0.95	0.84	1.19
中国石化	75.36	66.40	67.12	65.26	65.83	63.74	61.40	30.44	28.72	30.65	32.96	41.59
海油工程	0.34	0.30	0.29	0.28	0.29	0.27	0.31	0.24	0.37	0.01	0.48	0.58

研究中所用的数据均来自于中国统计局官方网站和色诺芬 CCER 数据库中的 CCER 一般企业财务数据库,数据来源有很高的准确性与权威性。

DEA 的分析过程是根据投入产出数据导出相对有效率的效率前沿,然后以次效率前沿为基准,再估计其他非效率单位的效率值。在此分析过程中,投入项和产出项的选定最为关键,因为当投入、产出发生变动时,会影响 DEA 的效率值。

而 DEA 第二阶段需剔除的环境因素也称为外部影响因素,它们既包括国家的宏观经济环境、政府的管制政策、行业的市场结构等总体环境,同时也包括资本结构、规模、设立年限等公司特征因素(由于这些特性公司自身在短期内无法控制或改变,故归属于外部环境因素)。

一般而言,GDP 的增长率代表着中国的经济发

展水平,GDP 高,表明国家的政治经济等宏观外部环境平稳良好,各个行业发展的环境也好。因此,天然气工业企业的发展也较为顺利。从定性的角度来看,GDP 的增长与天然气公司的经营效率之间也存在相关性。但考虑到人均 GDP 主要是为了比较在时间序列中此因素对经营效率的影响,而我们做的是面板数据,所以在第二阶段定量分析时本文选择了市场份额和设立年限这两个因素作为解释变量。

根据天然气行业资金运用过程的特点和数据可得性,参考相关文献<sup>[12]</sup>,本文选取的投入、产出和环境变量如表 3 所示。

在 DEA 模型分析中,投入、产出变量的个数以及决策单元的个数直接影响到模型运行结果的准确性。设投入变量的个数为  $m$ ,产出变量的个数为  $s$ ,决策单元的个数为  $n$ ,当三个变量满足以下方程式时,DEA 模

型才能够较为准确地计算各企业的效率值。

表3 投入、产出、环境指标汇总

指标类型	变量名称
投入指标	员工人数
	固定资产
	经营费用
产出指标	主营业务收入
	净利润
环境指标	市场份额
	公司设立年份

$$n \geq \max\{m * s, 3 * (m + s)\}$$

本文虽然公司样本数只有5家,相对较少,但是所选取的时间范围较长,从2000年到2011年,最终形成非平衡面板中共60(12\*5)个决策单元数。投入指标3个,产出指标2个,满足上述方程式,故DEA模型运行出来的结果具有较高的可信度和准确性。

(二) 第一阶段 DEA 效率分析

利用 Matlab 软件编程计算了各天然气公司在不考虑外界环境变量和随机因素的影响时的第一阶段 DEA 效率值(表4)。根据 DEA 所得的技术效率值为“相对”效率,而不是“绝对”效率。即当某一公司

表4 第一阶段各天然气公司2000-2011年的纯技术效率值(PTE)、技术效率值(TE)和规模效率值(SE)

年份	长春燃气			燃气股份			中能股份			中国石化			海油工程		
	TE	PTE	SE												
2000	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.91	1.00	0.91	1.00	1.00	1.00
2001	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2002	0.99	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2003	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2004	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00
2005	0.81	1.00	0.81	0.50	1.00	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2006	0.61	1.00	0.61	0.83	1.00	0.83	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2007	0.79	1.00	0.79	0.45	1.00	0.45	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2008	1.00	1.00	1.00	0.98	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2009	0.63	1.00	0.63	0.66	0.85	0.78	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2010	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	1.00	0.95
2011	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.99	0.97

(三) 第三阶段 DEA 效率分析

利用传统 DEA 模型(即一阶段 DEA 模型)求得各天然气公司效率值后,本文将环境变数与随机误差的影响考虑进来。在第二阶段以 Tobit 模型<sup>[14]</sup>估计其影响效果,并利用系数的估计值调整投入变量,并以调整之后投入变量带入 DEA 模型之中重新估计其效率值,即为第三阶段的效率值,各公司的效率值如表5所示。

60个决策单位的第三阶段总效率值 TE 分布如图2所示。

效率值等于1时,并不表示该公司是绝对的有效率,而是表示该天然气公司在所有样本公司中相对有效率;反之,无效率公司并不一定是绝对的无效率,而是在样本公司中其效率相对较差<sup>[13]</sup>。

从表4可以看到,除海油工程在2011年的纯技术效率为0.99外,其他公司在各个年份中的纯技术效率均为1,即在不考虑环境因素影响的前提下,在给定运作规模下,各公司在相同产出水平下,能减少投入量、增加资源有效利用的能力比较强,由管理者的决策错误而造成资源浪费比较少。许多公司的无效率主要源于规模无效率,即公司未达到最佳规模。例如在长春燃气在2002年、2005年、2006年、2007年和2009年,其规模效率均不等于1,在2006年低至0.61。从公司角度来看,长春燃气和燃气股份的效率值整体要低于中能股份、中国石化和海油工程,其无效率的情况主要出现在2007-2009年期间,推测在这期间爆发的金融危机对公司运营效率具有一定的负面影响。第一阶段显示,60个决策单元的整体效率均处于较好的水平,然而由于这个结果并未考虑环境因素的影响,因此不具有较高的可信度。从而必须进行第二阶段的调整。

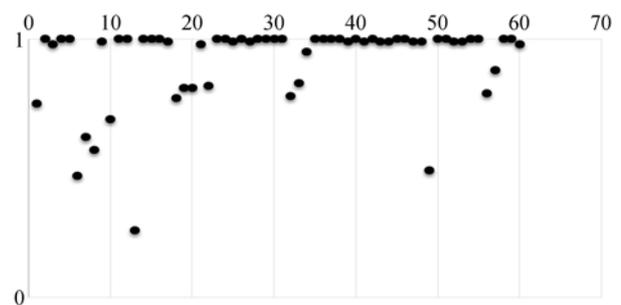


图2 60个决策单元 TE 分布图

从图2可以看到,在60个决策单元中,处于效

率前沿(即  $TE = 1$ )的决策单位不到一半,远远低于第一阶段。从公司角度来比较,在所有决策单元中,长春燃气在 2000 - 2011 年间的 12 个决策单元平均整体技术效率(TE)是最低的,中国石化与申能股份的整体效率较为接近效率前沿。这说明该公司无论是公司内部的经营管理效率还是规模效率都处于一个较好的水平,并且能够较好处理外界环境的影响,使得公司在不同的经济环境下,都能保持相对较高的运营效率。

而在纯技术效率方面,60 个决策单元均具有效率。其中各个决策单元的无效率主要来源于规模无效率,其生产规模未处于最优状态。从各年的平均值来看,2000 - 2011 年期间中国天然气上市公司总

的纯技术效率平均值为 1.000,而规模效率平均值为 0.918 ( $< 1.000$ ),由此可知,整体的技术效率平均值 0.918 造成的资源浪费 0.092 中 100% 都是由于规模无效率造成的,即各天然气公司主管的经营管理效率处于较佳状态,而规模未达到最佳。

同时,在对天然气上市公司第一、第三阶段效率进行比较后,发现调整后所得到的效率值已不同于第一阶段,证明了在第二阶段的环境调整有其必要性,其公司的技术效率值、纯技术效率值和规模效率值均受环境变量(公司所占的市场份额、公司设立年限)和随机因素的影响。样本公司 2000 - 2011 年第一阶段与第三阶段整体经营效率平均值比较情况如表 6 所示。

表 5 第三阶段各天然气公司 2004 - 2009 年的纯技术效率值(PTE)、技术效率值(TE)和规模效率值(SE)

年份	长春燃气			燃气股份			申能股份			中国石化			海油工程		
	TE	PTE	SE												
2000	0.75	1.00	0.75	0.26	1.00	0.26	0.99	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	0.49	1.00	0.49
2001	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2002	0.98	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00
2003	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2004	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00
2005	0.47	1.00	0.47	0.77	1.00	0.77	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2006	0.62	1.00	0.62	0.81	1.00	0.81	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2007	0.57	1.00	0.57	0.81	1.00	0.81	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2008	0.99	1.00	0.99	0.98	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2009	0.69	1.00	0.69	0.82	0.99	0.83	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2010	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2011	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	0.99	0.98

表 6 中国天然气上市公司 2000 - 2011 年第一阶段与第三阶段整体经营效率平均值比较

效率	阶段	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
技术效率值(TE)	第一阶段	0.982	1.000	0.998	1.000	0.996	0.862	0.888	0.848	0.996	0.858	0.999	0.992
	第三阶段	0.698	1.000	0.992	0.998	0.994	0.848	0.884	0.788	0.936	0.892	0.998	0.994
纯技术效率值(PTE)	第一阶段	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.97	1.000	0.998
	第三阶段	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.998	1.000	0.998
规模效率值(SE)	第一阶段	0.982	1.000	0.998	1.000	0.996	0.862	0.888	0.848	0.996	0.882	0.999	0.994
	第三阶段	0.698	1.000	0.992	0.998	0.994	0.848	0.884	0.788	0.936	0.894	0.998	0.994

在表 6 中,通过对各年的平均值分析,可得知,无论是第一阶段检测还是第三阶段检测,2000 - 2011 年期间中国天然气工业企业上市公司的整体技术效率(TE)值和规模效率(SE)值波动频繁,而纯技术效率值(PTE)则相对稳定。在研究的 11 年间,第三阶段技术效率处于有效前沿的仅为 2001 年,而第一阶段技术效率处于有效前沿的为 2001 年和 2003 年。而从决策单元来看,处于有效前沿的单元个数也明显减少,这说明,通过第二阶段环境变量的调整后,有效单位个数减少,实际不为技术有效的单位,

在环境变量的影响下,被误判为有效,因此我们可以推断,在 2003 年期间,环境因素为天然气工业企业的发展提供了正面的影响。

从纯技术效率值(PTE)来看,除 2009 年和 2011 年外,其余年份均为 1,即达到了有效前沿。这说明各天然气公司助管的经营管理效率整体效果非常好,未发生大的决策失误。第一阶段与第三阶段纯技术效率值无明显变化,因此可以判断,该部分受外界环境因素影响较小。规模效率值(SE)整体波动最为明显,且波动路径与技术效率(TE)值的波动路

径几乎相同。

从图3可以明显看到,对环境因素和统计噪音进行调整后,无论是技术效率值还是处于技术效率前沿的决策单元数量均有较大的变化。但是,整体来看,天然气工业上市公司的效率仍不高,在2000-2011年里,处于效率前沿的决策单元不到总数的50%,也就是说超过一半的天然气公司在2000-2011年度处于无效率状态,长春燃气和燃气股份两个公司在各个年度的运营效率均令人担忧。

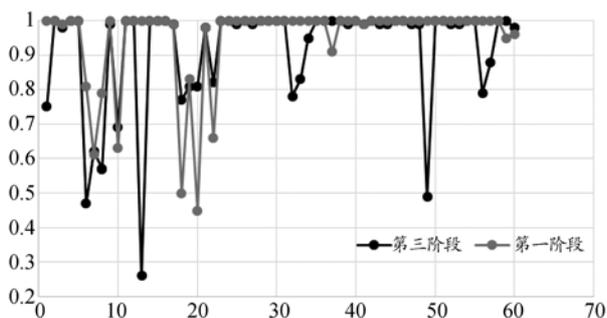


图3 各决策单元第一阶段和第三阶段平均技术效率值(TE)比较图

## 五、结论

本文首先对中国天然气工业市场结构进行了探究,实证分析了中国该市场2000-2011年各年度的市场集中度以及所选五大样本公司(长春燃气、燃气股份、申能股份、中国石化、海油工程)所占的市场份额。通过分析得出:中国天然气行业的市场垄断性非常高,在2000年其市场集中度指标接近80%。但是,从2000年到2011年间,其垄断程度处于一个下降的趋势,且下降幅度相对比较大,这也体现了天然气行业不断市场化的过程,但是截至2011年,该市场的市场结构仍为寡头垄断型。从经济学角度来看,寡头垄断模式下的市场均衡并不能处于帕累托最优,而从理论上来说:寡头垄断市场能够较好地实现规模经济效益,从而提高行业的经营管理水平。但是实际中,中国天然气公司的整体效率不高,虽然公司规模很大,但是规模效率却非常低,这主要是因为中国天然气市场结构的寡头垄断类型不是市场化的竞争结构,而是政府制度性影响的结果<sup>[15]</sup>。该市场的进入壁垒非常高,中国天然气市场各个领域的准入情况不尽相同,在勘探开发领域,三大国有石油公司“划地域而治”的做法以及对外合作专营的做法使得其他资本进入存在一定难度;在管网建设运营领域,仅限于三大国有石油公司进行投资建设,其他企业限制投资管输环节;在城市配气和终端销售领域,正在实施的公共事业市场化改革为各种资本的进入提供了重要机遇。

为了进一步分析天然气工业上市公司的运营效率,本文采用Fried等提出的三阶段DEA模型研究中国5家主要天然气企业的技术效率、纯技术效率

和规模效率。通过对各公司各个年度的效率值的深入研究,我们发现无论是第一阶段还是第三阶段,所有样本公司中50%以上的未达到有效前沿,而导致技术效率(TE)低下的原因主要是由于公司规模无效率,即规模效率值(SE)偏低。在所有的样本公司中长春燃气和燃气股份的整体效率偏低,中国石化与申能股份整体处于效率前沿,这说明这两个公司无论是公司内部的经营管理效率还是规模效率都已经达到一个较好的水平,并且能够较好地处理外界环境的影响,使得公司在不同的经济环境下,都能保持较高的运营效率。

同时,在对天然气上市公司第一、第三阶段效率进行比较后,发现调整后所得到的效率值已不同于第一阶段,证明了在第二阶段的环境调整有其必要性,其公司的技术效率值、纯技术效率值和规模效率值均受环境变量(公司所占的市场份额、公司设立年限)和随机因素的影响。

通过第二阶段环境变量的调整后,有效单位个数减少,因此我们可以推断,在研究期间环境因素为天然气工业企业的发展产生了正面的影响。纯技术效率值(PTE)整体较高,说明各天然气公司的经营管理效率整体效果较好,未发生大的决策失误,且该效率受外界环境因素影响较小。规模效率值(SE)整体波动则最为明显,且波动路径与技术效率(TE)值的波动路径几乎相同。

总体而言,中国的天然气工业上市公司的经营效率不容乐观,提高天然气企业效率、完善企业规模、改革天然气市场迫在眉睫。中国能源网首席技术总监韩晓平说过,价格并不是造成国内天然气问题的根本原因,价格改革也不能解决根本问题,只有放开垄断,允许其他资本进入和经营,天然气市场才能有突破性的发展。天然气行业市场化能够有效带动市场内部企业间的有效竞争,从而使得企业在生存压力中不断地完善内部经营管理模式,提高企业经营效率,从而更好地应对新进企业以及国外企业的竞争冲击<sup>[16]</sup>。

## 参考文献:

- [1] 邱中建,赵文智,胡素云,等. 我国天然气资源潜力及其在未来低碳经济发展中的重要地位[J]. 中国工程科学, 2011(6):81-87.
- [2] 康建国,胡奥林,牟英石. 全球背景下的中国天然气市场发展策略[J]. 天然气技术与经济, 2012(1):3-7.
- [3] 董秀成. 我国石油市场主体结构新格局[J]. 中国石油企业, 2007(12):57-59.
- [4] CHARNES A, COOPER W, RHODES E. Measuring the efficiency of decision making units[J]. European Journal of Operational Research, 1978(2):429-444.

- [5] BANKER R D, CHARNES A, COOPER W W. Some models for estimating technical and scale efficiencies in data envelopment analysis [J]. *Management Science*, 1984, 30: 1078 - 1092.
- [6] 黄宪, 余丹, 杨柳. 我国商业银行 X 效率研究——基于 DEA 三阶段模型的实证分析[J]. *数量经济技术经济研究*, 2008(7): 80 - 91.
- [7] 方燕, 白先华. 中国商业银行经营效率分析——三阶段 DEA 之应用[J]. *中央财经大学学报*, 2008(6): 40 - 45.
- [8] FRIED H O, LOVELL C A, SCHMIDT K, et al. Accounting for environmental effects and statistical noise in data envelopment analysis[J]. *Journal of Productivity Analysis*, 2002, 17: 157 - 174.
- [9] 潘克西, 濮津, 向涛. 中国煤炭市场集中度研究——中美煤炭市场集中度比较分析[J]. *管理世界*, 2002(12): 77 - 88.
- [10] 来海燕. 我国保险市场结构的经济学分析[J]. *时代金融*, 2009(4): 81 - 82.
- [11] 武盈盈. 中国自然垄断产业组织模式演进问题研究——以天然气产业为例[D]. 济南: 山东大学, 2010.
- [12] MEHMET E, TURUT - AS - K S. Efficiency analysis of Turkish natural gas distribution companies by using data envelopment analysis method [J]. *Energy Policy*, 2011(2): 1426 - 1438.
- [13] 李美娟, 陈国宏. 数据包络分析法( DEA )的研究与应用[J]. *中国工程科学*, 2003(6): 88 - 94.
- [14] 庞瑞芝, 张艳, 薛伟. 中国上市银行经营效率的影响因素——基于 Tobit 回归模型的二阶段分析[J]. *金融论坛*, 2007(10): 29 - 35.
- [15] 樊明武. 我国天然气行业的垄断性与价格机制研究[J]. *天然气工业*, 2006(6): 139 - 141.
- [16] 顾海军. 未来我国天然气产业竞争性市场结构与有效政府管制研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2006.

## Efficiency Evolution of Natural Gas Listed Companies in China Based on Three-stage DEA Model: Analysis of Unbalance Panel Data from 2000 to 2011

JIANG Lingzhou<sup>a</sup>, LIANG Qin<sup>b</sup>

(*a. School of Law; b. School of Economics and Business Administration, Chongqing University, Chongqing 400044, P. R. China*)

**Abstract:** The stability and healthy development of natural gas market is closely related to the national energy security strategy, the enterprises' goal of huge investment of recycling, and utilization of the natural gas users. Researching the status quo of the natural gas market in depth, analyzing the market development bottleneck, studying quantitatively the enterprises' management efficiency and influencing factors, then actively exploring the correct development of natural gas market in China are of great significance. According to the gas industry enterprises' unbalanced panel data from 2000 to 2011, this paper used three-stage DEA model to analyze the companies' technical efficiency (TE), pure technical efficiency (PTE) and scale efficiency (SE). Study found that more than 50% of the sample companies failed to meet the effective frontier, and the cause of low technical efficiency (TE) was mainly due to the company size which was not in the best state, that was scale efficiency (SE) was on the low side. The whole pure technical efficiency (PTE) was high, which showed that the operation and management in the gas companies were relatively good, without major decision-making errors, and this efficiency was less affected by the external environment factors. The volatility of scale efficiency (SE) was the most obvious, and the wave path were consistent with technical efficiency (TE)'s.

**Key words:** natural gas companies; efficiency; three-stage DEA model

(责任编辑 傅旭东)