

天然气发电的经济性分析

□ 北京建筑大学 (100044) 邵雪华 詹淑慧

摘 要: 2012年10月,国家先后颁布了《天然气发展“十二五”规划》、《天然气利用政策》,明确把天然气价改列入“十二五”期间资源产品价格改革的主要目标之一。2010年~2012年间,我国进口气价上涨了68.8%,对外依存度到“十二五”末很可能接近40%,进口气国内销价和进口成本倒挂日益严重,这也倒逼国内气价需要调整。价格倒挂催化价改,天然气市场化势在必行。本文根据现状价格及市场化后的价格,分析燃料价格对于上网电价的敏感性以及对不同燃料的经济性以及环保性进行分析,对比得出适合各类燃料发展的价格区间。

关键词: 燃煤发电 燃气发电 上网电价

Economic Analysis of Natural Gas Power Generation

Shao Xuehua , Zhan Shuhui

Abstract: The state has promulgated <Natural gas development in the Twelfth Five Year Plan>、<Natural gas utilization policy in October, 2012>. Specifically to one of the main goals of the natural gas price changes included in "the price reform of resource products during the 12th Five Year Plan". In 2010 - 2012 , Chinese imports of gas prices rose 68.8%, foreign degree of dependency to " the 12th Five Year Plan " end is probably close to 40%. The domestic gas price and import cost inversion is becoming increasingly serious, which also made domestic gas prices need to be adjusted. Price inversion catalyzed price changes, natural gas marketize will be imperative. According to the present situation of the price after marketize, Analysis the price of fuel for electricity price sensitivity and comparative analysis that is suitable for all types of fuel development price range on the different fuel economy and environmental protection.

Keywords: Coal power generation gas power generation Electricity price

1 概述

天然气是一种洁净环保的优质能源,几乎不含硫、粉尘和其他有害物质,燃烧时产生二氧化碳少于

其他化石燃料,造成温室效应较低,因而能从根本上改善环境质量。天然气作为世界公认的清洁能源,在我国已经得到了广泛的应用,天然气的用量也不断攀升,用气结构也不断发生变化。

为治理大气污染,北京市将大力推进“煤改气”,燃煤电厂关停、采暖锅炉改造、工业用煤压减和散煤治理4大领域压减燃煤260万t,五环路内基本取消燃煤锅炉,因此,天然气发电已经成为城市热电中心的主要能源,北京四大热电中心全部建成投运后,清洁能源使用比重将达80%。

表1 北京市天然气用气负荷及用气结构

	民用	工业	发电	采暖制冷	公交
2005年用气量 (亿m ³)	10.9	1.2	0.3	17.1	0.6
2010年用气量 (亿m ³)	15.5	1.9	16.0	37.3	1.3
2015年用气量 (亿m ³)	21.6	7.2	66.6	79.2	5.4
2005年用气结构	36.1%	4.1%	1.0%	56.7%	2.1%
2010年用气结构	21.5%	2.7%	22.2%	51.8%	1.8%
2015年用气结构	12.0%	4.0%	37.0%	44.0%	3.0%

由此可见,天然气用于发电的比例越来越高,因此在天然气市场化的背景下,天然气价格上涨必将导致上网电价的上涨,当天然气价格上涨到一定程度,则天然气发电的成本过高,天然气发电将不再有经济效益,因此分析天然气价格对发电领域的影响是很有必要的。

2 燃料价格对上网电价的敏感性分析

我国北方地区主要是火力发电,占总发电站的70%,火力发电主要有燃煤发电和燃气发电。本文各选取两种典型的燃煤发电机组和燃气发电机组,根据《火电工程限额设计参考造价指标(2010年水平)》里的发电成本和上网电价计算的相关参数及指标值,取年运行小时数4 000、4 500、5 000分别对发电成本和上网电价进行计算。

2.1 燃煤价格对上网电价的敏感性分析

(1) 由于北京的燃煤电厂主要使用的是装机容量为600MW的发电机组,因此选用2×600MW超临界燃煤发电机组作为研究对象,进行燃煤价格对上网电价的敏感性分析,参照600MW电厂的工程投资数据,通过计算,可以分别得到天然气发电的发电成本和上网电价,如表2所示。

根据机组运行小时数为4 000h、4 500h和5 000h所对应的等高曲线来研究燃气价格对发电成本和上网电价的影响。设 ϵ 为敏感系数;煤价变化区间取450元/t~950元/t,从而,可计算出

$$\epsilon_{grid4\ 000} = \frac{0.219/0.359}{500/450} = 0.549$$

$$\epsilon_{grid4\ 500} = \frac{0.219/0.342}{500/450} = 0.576$$

$$\epsilon_{grid5\ 000} = \frac{0.219/0.328}{500/450} = 0.601$$

表2 600MW燃煤发电机组发电成本和上网电价

指 标	发电成本 (元/kWh)			上网电价 (元/kWh)		
	4 000	4 500	5 000	4 000	4 500	5 000
年利用小时数 (h)						
燃煤价格 (元/t)						
450	0.255	0.249	0.245	0.359	0.342	0.328
550	0.298	0.293	0.288	0.403	0.386	0.372
650	0.342	0.337	0.332	0.446	0.429	0.416
750	0.386	0.380	0.376	0.490	0.473	0.459
850	0.430	0.424	0.420	0.534	0.517	0.503
950	0.473	0.468	0.463	0.578	0.561	0.547
1 050	0.517	0.512	0.507	0.621	0.604	0.591
1 150	0.561	0.555	0.551	0.665	0.648	0.634

(2) 选取徐闻燃煤电厂的1 000MW超临界燃煤发电机组进行计算

装机容量为1 000MW超临界燃煤发电机组是较新型的燃煤发电机组，因此选用2×1 000MW超临界燃煤发电机组作为研究对象，进行燃煤价格对上网电价的敏感性分析，参照选用徐闻燃煤电厂的投资数据，通过计算，可以分别得到天然气发电的发电成本和上网电价，如表3所示。

根据机组运行小时数为4 000h、4 500h和5 000h所对应的等高曲线来研究燃气价格对发电成本和上网电价的影响。设ε为敏感系数；煤价变化区间取450元/t~950元/t，从而，可计算出

$$\epsilon_{grid4\ 000} = \frac{0.198/0.342}{500/450} = 0.521$$

$$\epsilon_{grid4\ 500} = \frac{0.198/0.325}{500/450} = 0.548$$

$$\epsilon_{grid5\ 000} = \frac{0.198/0.311}{500/450} = 0.573$$

2.2 天然气价格对上网电价的敏感性分析

目前我国的燃机主要机型有6B、6F、9E和9F 4个等级，北京的四大热电中心主要采用的是9F级机组，通州运河核心区区域能源中心采用的是6B级机组。

(1) 由于北京地区的燃气发电厂主要使用9F级燃气机组，选用4×350MW的9F级燃气蒸汽联合循环机组作为研究对象，进行天然气价格对上网电价的敏感性分析。参照北京四大燃气电厂等工程的动态单位投资估算数据，通过计算，可以分别得到天然气发电的发电成本和上网电价，如表4所示。

表3 1 000MW燃煤发电机组发电成本和上网电价

指 标 年利用小时数 (h)	发电成本 (元/kWh)			上网电价 (元/kWh)		
	4 000	4 500	5 000	4 000	4 500	5 000
燃煤价格 (元/t)						
450	0.237	0.231	0.227	0.342	0.325	0.311
550	0.276	0.271	0.266	0.381	0.364	0.350
650	0.316	0.311	0.306	0.421	0.404	0.390
750	0.356	0.350	0.346	0.461	0.444	0.430
850	0.396	0.390	0.386	0.501	0.483	0.470
950	0.435	0.430	0.425	0.540	0.523	0.509
1 050	0.475	0.469	0.465	0.580	0.563	0.549
1 150	0.515	0.509	0.505	0.620	0.603	0.589

表4 350MW燃气发电机组发电成本和上网电价

指 标 年利用小时数 (h)	发电成本 (元/kWh)			上网电价 (元/kWh)		
	4 000	4 500	5 000	4 000	4 500	5 000
天然气价格 (元/m³)						
2.67	0.535	0.530	0.526	0.631	0.616	0.603
2.87	0.572	0.566	0.562	0.667	0.652	0.639
3.07	0.608	0.603	0.599	0.704	0.688	0.675
3.27	0.644	0.639	0.635	0.740	0.724	0.711
3.47	0.680	0.675	0.671	0.776	0.760	0.747
3.67	0.716	0.711	0.707	0.812	0.796	0.784
3.87	0.752	0.747	0.743	0.848	0.832	0.820
4.07	0.788	0.783	0.779	0.884	0.868	0.856

根据机组运行小时数为4 000h、4 500h和5 000h所对应的等高曲线来研究燃气价格对发电成本和上网电价的影响。设 ε 为敏感系数；气价变化区间取 $3.07\text{元}/\text{m}^3 \sim 4.07\text{元}/\text{m}^3$ ，从而，可计算出

$$\varepsilon_{grid4\ 000} = \frac{0.18/0.704}{1/3.07} = 0.785$$

$$\varepsilon_{grid4\ 000} = \frac{0.18/0.688}{1/3.07} = 0.803$$

$$\varepsilon_{grid4\ 000} = \frac{0.181/0.675}{1/3.07} = 0.823$$

(2) 选用 $3 \times 230\text{MW}$ 的6B级燃气蒸汽联合循环机组作为研究对象，进行天然气价格对上网电价的敏感性分析。参照通州运河核心区区域能源中心工程的动态单位投资估算数据，通过计算，可以分别得到天然气发电成本和上网电价，如表5所示。

根据机组运行小时数为4 000h、4 500h和5 000h所对应的等高曲线来研究燃气价格对发电成本和上网电价的影响。设 ε 为敏感系数；气价变化区间取 $3.07\text{元}/\text{m}^3 \sim 4.07\text{元}/\text{m}^3$ ，从而，可计算出

$$\varepsilon_{grid4\ 000} = \frac{0.155/0.702}{1/3.07} = 0.678$$

$$\varepsilon_{grid4\ 000} = \frac{0.155/0.678}{2/3.07} = 0.702$$

$$\varepsilon_{grid4\ 000} = \frac{0.155/0.659}{2/3.07} = 0.722$$

通过计算可以发现，虽然在不同机组运行小时数下有不同的敏感性系数，但都有着较高的敏感系数，

说明燃料成本的高低决定着上网电价的高低，且随着年运行小时数的增加，敏感系数逐渐增加。可见，燃料价格对上网电价的电厂的变化十分敏感，主要原因在于燃料成本占电价构成比例较大，约为70%。

3 燃煤发电与燃气发电经济性对比

北京热电厂的燃煤发电机组常用的装机容量是600MW，燃气发电机组主要为9F级机组，常用的装机容量主要是350MW，现选上述的装机容量为600MW的燃煤发电机组与装机容量为350MW的燃气发电机组进行经济性对比，由于北京地区的热电厂全年运行小时数为4 000h~5 000h，所以取年运行小时数为4 500h，对两种机组的发电的上网电价进行对比如表6所示。

表6 燃煤发电与燃气发电上网电价对比

燃煤价格 (元/t)	燃煤发电上网电价 (元/kWh)	天然气价格 (元/m ³)	燃气发电上网电价 (元/kWh)
450	0.342	2.67	0.616
550	0.386	2.87	0.652
650	0.429	3.07	0.688
750	0.473	3.27	0.724
850	0.517	3.47	0.76
950	0.561	3.67	0.796
1 050	0.604	3.87	0.832
1 150	0.648	4.07	0.868

表5 230MW燃气发电机组发电成本和上网电价

指 标	发电成本 (元/kWh)			上网电价 (元/kWh)		
	4 000	4 500	5 000	4 000	4 500	5 000
年利用小时数 (h)						
天然气价格 (元/m ³)						
2.67	0.493	0.485	0.479	0.640	0.616	0.596
2.87	0.524	0.516	0.510	0.671	0.647	0.627
3.07	0.555	0.547	0.541	0.702	0.678	0.659
3.27	0.586	0.578	0.572	0.733	0.709	0.690
3.47	0.617	0.609	0.603	0.764	0.740	0.721
3.67	0.648	0.641	0.634	0.795	0.771	0.752
3.87	0.679	0.672	0.665	0.826	0.802	0.783
4.07	0.711	0.703	0.697	0.857	0.833	0.814

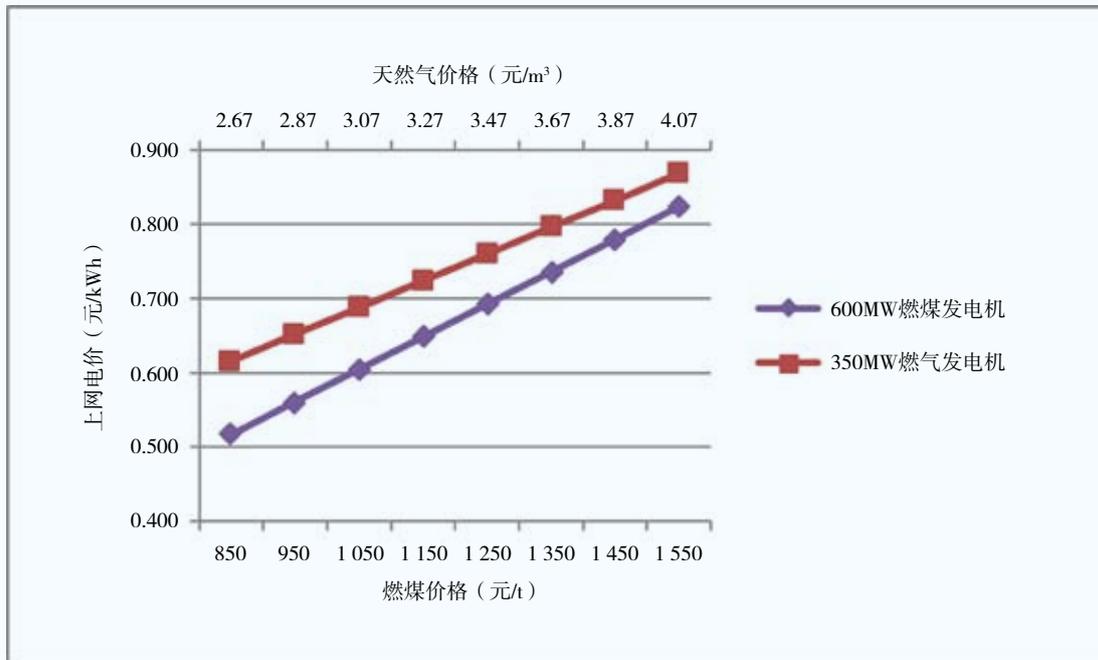


图5 燃煤发电与燃气发电上网电价对比

由上述可得，天然气价格在2.67元/m³时，燃煤价格约等于1 100元/t时，天然气发电所得上网电价与燃煤发电所得上网电价相等，当燃煤价格高于1 100元/t时，天然气用于发电相较于传统的燃煤发电才具有经济优势；若天然气价格增长到3.87元/m³时，燃煤价格约等于1 600元/t时，天然气发电所得上网电价与燃煤发电所得上网电价相等，当燃煤价格高于1 600元/t时，天然气用于发电相较于传统的燃煤发电才具有经济优势。但就目前的煤炭价格来讲，煤炭价格低于天然气价格，即煤炭发电成本比天然气发电的成本要低。但从经济的角度上讲，燃煤发电比燃气发电更具有经济优势。

保效益具有很大优势，且根据北京的现状及政策，势必全部采用天然气作为燃料用于发电，而煤炭由于其燃烧会对环境造成严重的污染，所以支持政府利用天然气的政策，煤炭价格应向上调整（如征收排放税等），作为污染空气的惩罚费用。

参考文献

- 1 LNG市场. 燃气资讯, 2013; 259 (12): 60-61
- 2 詹淑慧. 燃气供应[M]. 中国建筑工业出版社, 2011: 55-57

4 结论

(1) 天然气发电的成本比燃煤发电成本高，以目前工业用天然气的价格2.67元/m³来说，当燃煤价格高于1 100元/t时，天然气用于发电才具有经济优势；

(2) 若天然气价格市场化后增长到3.87元/m³时，当燃煤价格高于1 600元/t时，天然气用于发电才具有经济优势。

(3) 天然气发电相较于传统的燃煤发电，其环

欢迎使用《城市燃气》投稿系统

简单方便

在“燃气在线” (www.gas800.com) 网站首页，点击《城市燃气》在线投稿图标即可。

专为作者设计的“稿件查询”系统，让作者可以随时查询到所投稿件的审核状态。

投稿系统网址: www.gas800.com