

广东省天然气利用的竞争性分析

□ 中国燃气控股有限公司 (518033) 解东来

□ 深圳中燃哈工大燃气技术研究院 (518033) 聂廷哲 高华伟

摘 要: 在目前可预期的各种能源价格下, 分析了天然气在广东省与其他能源的竞争性。居民生活领域, 天然气越来越受到电力的挑战。天然气用于大规模热水设备, 其经济性不如空气源热泵。工业用气方面, 天然气与柴油比, 有较大的价格优势, 与重油相比, 有一点竞争优势。区域供冷方面, 单就经济性而言, 分布式能源不如直接用电制冷。交通领域, 天然气车船相比于其他燃料的车船, 具有很好的环保性和经济性。由此提出了广东省天然气利用的方针。

关 键 词: 天然气 经济性 电力 柴油 重油 热泵

The Competition of Natural Gas Utilization in Guangdong Province

China Gas Holdings Ltd., Xie Donglai

Shenzhen CG-HIT Gas Technology Institute Nie Tingzhe, Gao Huawei

Abstract: Under the expectable prices of all types of energies, the competition of natural gas utilization in Guangdong Province with other energies is analyzed. For domestic users, natural gas is under the competition of electricity. For hot water service, natural gas boilers cannot compete with air source heat pumps. For industrial users, natural gas has great price potential than diesel and tiny price advantage on heavy oil. For regional cold supply for air conditioning, in the economic sense, distributed energy supply with natural gas is no better than regional cold supply with electricity. In the transportation sector, natural gas (or CNG,LNG) as fuel for vehicles and vessels has great environmental and economic benefits than other fuels. The guidelines for natural gas utilization are then proposed based on the above analysis.

Keywords: Natural gas economy electricity diesel heavy oil heat pump

1 概述

近几年来, 广东省燃气行业得到了快速发展^[1], 广东大鹏液化天然气项目投产运行标志着广东进入天然气时代, 天然气在城市居民、商业、工业及调峰电

厂得以广泛应用, 逐步形成了管道气和瓶装气互补、天然气和液化石油气并存的供气格局, 各城市相继建成了高压、次高压输(储)气, 中、低压配送用气的输配系统, 完善了瓶装液化气配送体系, 基本实现了城市居民和商业建筑燃气化, 城市燃气普及率近

100%，对促进广东省国民经济和社会事业的快速发展，提高城市化、现代化水平，起到了重要作用。

天然气是一种清洁能源，在所有的化石能源中，其单位热值的CO₂排放量最少^[2]。在目前的价格体系下，单位热值天然气的价格比油和液化石油气低，但比煤高很多。从保护环境的角度看，应该大力提倡使用天然气，用天然气替代煤、石油、液化石油气。但从经济性的角度看，用天然气代替油类燃料比较可行，代替煤则存在较大的困难。因此，在确定未来广东省的能源政策时，应充分考虑各类能源的环保特性和经济性。既保护环境，又能促进各类产业健康发展。

2 天然气在城市各应用领域的竞争性

2.1 居民生活用气

天然气主要用于居民炊事和生活热水及供热，随着人民群众生活水平的提高，天然气的使用越来越受到电力的挑战。电饭煲、微波炉、电热水器的使用，极大的丰富了居民家居生活的能源选择。从广东省及国内其它城市天然气应用的实际来看，居民生活民用气量的特点是低速增长，总量也是有限的。

2.2 商业用气

商业用气包括餐饮、宾馆、医院、教育、娱乐等方面的用户用气。其中餐饮和宾馆用气占商业用气的主要部分。商业用气如果用于炊事，天然气与电力等其他能源相比，具有很大的竞争性。管道天然气使用方便，火力旺，燃烧清洁，容易实现煎、炸、烹、煮等各种加工方式。

商业用气如果用于热水制备，在南方地区，尤其在广东省，受到以电力驱动的空气源热泵的强烈挑战。在不同的工况下热泵热水机组每消耗1kW电能就从低温热源中吸收3kW~6kW的热量，即能效系数（COP）为3~6，节能效果显著^[3]。

考虑需要制备洗浴热水的某500人学生宿舍的学校用户，每个学生每天40L洗澡热水，日供20t 60℃的热水，全年365天供应。空气源热泵、天然气锅炉、电热水锅炉每年的能耗费用、热水成本、CO₂排放等如表1所示。从计算的数据可以看出，空气源热泵、天然气锅炉、电热水锅炉三种方式生产的热水的成本分别是14.94、27.06、41.41元/t，CO₂排放分别为79.02、

94.56、400.98t/a。用天然气锅炉生产热水的成本和CO₂排放量比直接用电热锅炉好，但不如用电力驱动的空气源热泵。因此，对于较大规模制备热水的用户，不应该鼓励用天然气。

表1 热泵、天然气、电热制热水方案成本及碳排放分析

热水生产方式		空气源热泵	天然气锅炉	电热锅炉
能源种类		电能	天然气	电能
每天热水总量	t/d	20.00	20.00	20.00
每天所需热量	kW h/d	1 045.00	1 045.00	1 045.00
年平均能效		3.50	0.90	0.95
所需能量	kW h/d	758.70	1 045.00	1 045.00
燃气价格	元/Nm ³		3.65	
电力价格	元/kWh	0.68		0.68
设备投资	万元	30.00	5.00	4.00
设备折旧年限	年	10.00	10.00	10.00
设备折旧费	万元/a	3.00	0.50	0.40
每年耗电	MW/a	79.12		401.50
每年耗气	Nm ³ /a		45 837.46	
每年CO ₂ 排放	t/a	79.02	94.56	400.98
燃料+水+折旧	万元/a	10.91	19.76	30.23
每吨热水成本	元/t	14.94	27.06	41.41

2.3 工业用气

近年来，广东省锅炉用户能源市场格局发生了显著变化，几年前，锅炉用户主要使用的燃料以煤、重油为主，在环保要求提出来后，燃料多为柴油（轻油），部分使用木柴、煤、生物质成型燃料、重油等。也有一些用户拥有多台锅炉，锅炉型号不同，燃料种类不同，因此，出现某家用户使用多种燃料的现象。

企业使用何种燃料直接影响企业经济成本，不同行业燃料占企业经济成本的比例也不同，玻璃制造业燃料占成本的25%~35%；纺织印染业占成本的25%~30%；食品加工行业占成本的20%左右，电子工业及生物医药业占成本的10%~20%之间，由于燃料耗费占成本的比例较高，各个行业竞争激烈，因此燃料价格略有变化，其成本将有明显的波动，企业厂家对燃料选定都非常谨慎，把燃料价格作为减少开支，降低产品成本重要因素之一。

按目前广东省燃料价格（锅炉用户天然气4.8元/m³；重油5 650元/t；柴油9 000元/t），这三种燃料的单位热

值的成本如表2所示。可以看出,在价格方面,天然气与柴油比,有较大的价格优势,与重油相比,有一点竞争优势。但如果未来天然气价格上升,会影响天然气的竞争性。生物质燃料虽然价格比天然气具有优势,但其热值并不高,且对于环境污染严重,其PM2.5排放值是天然气的35倍以上,是重油的12倍以上,与煤的排放指标持平。煤、木柴作为燃料使用,严重污染环境,在环保方面不具备与天然气的竞争性。

表2 广东省燃料价格与热值比较

燃料	热值 (MJ/kg)	价格	产生41.86 MJ 热值费用(元)
100 # 重油	41.86	5 650元/t	5.65
0号柴油	43.53	9 000元/t	8.65
天然气	49.26	4.8元/m ³	5.06

2.4 空调用户

天然气的到来使燃气空调的推广使用成为可能。使用天然气空调的最大优点是对天然气网络和电网都能起到削峰填谷的作用^[4]。夏季是用电高峰,而对城市燃气则处于低谷。但在目前的设备成本下,用燃气空调的初始投资远高于电力空调。相同制冷负荷下,燃气直燃空调的价格比电空调贵30%~40%,燃气热泵空调的价格更高,能比电空调贵2倍~3倍。在目前天然气和电力的价格范围内,天然气空调的运行成本也比电空调要高。以天然气每方3.8元,电力每度0.65元计。1m³天然气可产生13kWh的冷量(天然气空调的COP为1.3),能源成本3.80元。而用电空调产生13kWh的冷量,需消耗电力3.72kWh(电空调COP选3.5),则能源成本为2.42元,比燃气空调节约1.38元。

从另外一个角度,用燃气空调制冷的能效,尚不及将天然气先发电,再用电空调制冷的能效。同样,直接用天然气制冷,1m³天然气可产生13kWh的冷量。用天然气发电,1m³天然气可产生5kWh的电(发电效率50%),用此5kWh电制冷,可产生17.5kWh的冷量(电空调COP选3.5),比天然气直接制冷多4.5kWh。用分布式能源的方式发电,烟气的余热还可以进一步产生生活热水。

因此,对于天然气空调,应审慎发展。

2.5 分布式能源

分布式能源是国家“十二五”规划纲要中提出的

十大节能重点工程之一,是解决电力缺口、实现低碳发展的有效途径。它可以将能源梯级利用,同时提供冷、热、电等多种能源形式,对燃气和电力的能源供给有双重削峰填谷作用,可以缓解电网供电压力,提高供电可靠性,具有良好的环境效益^[5]。

但在目前市场经济的大环境下,发展分布式能源需注意其经济性,尤其是在广东这样的南方地区,夏季制冷负荷需求较大,而冬季采暖负荷基本没有,设备年运行时间短,会相应的拉长项目的投资回收期。分布式能源项目的经济性,对天然气的价格、上网电价和供冷价格非常敏感。

以广东某区域型的分布式能源项目为例,该项目供冷负荷189MW,最大热水负荷54.3MW(冬季),电力需求98MW。考虑三种分布式能源方案:(1)天然气燃气轮机发电+烟气吸收制冷(简称方案一);(2)天然气轮机联合发电+电制冷(简称方案二);(3)区域集中电制冷供冷(简称方案三)。经济性分析中采取的各项目的价格如表3所示。

表3 分布式能源经济性分析中采取的各项目的价格

项目	单位	价格	取值依据
天然气	元/Nm ³	3.3	粤价[2012]147号文件,西二线门站价3.003,电厂用户代输价0.278,工厂用户代输价0.290元
自来水	元/t	3.46	——
过网费	元/kWh	0.07	同类项目价格
上网电价	元/kWh	0.75	广州大学城0.75元/kWh
冷量价格	元/kWh	0.6	大学城综合价格0.7831(商业0.9397,学生0.6252);珠江新城0.8001
热水价格	元/t	25	大学城25元/t
谷电价格	元/kWh	0.3	同类项目价格
平电峰电	元/kWh	0.87	同类项目价格

按以上价格,方案三区域电供冷方案的投资回收期最短,为8.8年,方案一制冷方案次之,为10.7年,方案二发电方案投资回收期最长,为12.6年。即冷热电三联供的经济性不如直接用电制冷的经济性。

在目前我们可预期的天然气和电的价格范围内,如果电网的电力供应充足,直接用电网的电力来满足建筑物的电力和冷负荷需求的经济性较好。未来如果

天然气价格下降,或者上网电价升高,则应考虑优先发展分布式能源。如果本地区电力供应存在缺口,而受制于环保的要求又不能发展煤电,则此时应考虑基于天然气的分布式能源。分布式能源的发展应该基于对个例对每个项目都进行详细的技术经济和环保方面的分析,稳步推进。

2.6 天然气汽车

目前,国内汽油价格持续上升,价格体系已和世界接轨,而相同热值的天然气的价格比汽油、柴油低很多。表4列举了各种车辆的百km能耗指标及经济指标。由表中的数据可以看出,虽然天然气汽车的单位热量行驶里程较汽油和柴油车低,但由于同热值的天然气的价格远比汽油和柴油低,因此,天然气汽车的百km燃料费用远低于汽油车和柴油车。发展天然气汽车既具备环保优势,又具有运行费用的经济性,同时,也未损失车辆运行的安全性。因此,应该大力发展天然气汽车^[9]。

2.7 LNG动力船舶

LNG动力船是以液化天然气(LNG)作为燃料的船舶,有全动力和混合动力之分。目前全球航运界悄然兴起了用天然气替代燃油的新潮流,主要动力是为了减少船舶排放和降低燃料成本。虽然早在1964年LNG就开始应用于专门的运输船,但直到2000年才开始应用于其他类型船舶^[7,8]。据挪威船级社(DNV)统计,截至2013年6月,全球共有40艘LNG全动力船以及近40艘LNG与柴油混合动力船处在营运中,另有35艘LNG全动力船的新建订单。该机构预计,2014年全球运营的LNG全动力船舶数量将升至63艘,2020年或达

到1 000艘。

LNG作为船舶燃料优势明显。

(1) 低碳环保。挪威船级社发表的“实现低碳航运之路—2030年减排潜力”的研究报告中,分析了25种措施的不同减排效果及相对应的成本效益,结果表明,最有效的措施就是使用LNG作为燃料,几乎可以100%减排硫氧化物、减少85%~90%氮氧化物和15%~20%二氧化碳的排放。

(2) 营运成本低。江苏省宿迁市地方海事局牵头进行过相关船舶的改装和研究,2010年上半年对这些改装后的LNG-柴油混合动力船进行了试验,最后实验结果证明采用LNG-柴油混合动力技术后,动力性能完全能够满足原船的要求;柴油的平均替代率为60%~70%,以目前京杭运河载重2 000t的干货船为例,平均每年每艘船消耗柴油60t,而采用LNG-柴油双燃料动力后,约消耗42t LNG和18t柴油,至少能节省燃料费用15万元。如果在京杭运河营运的3万艘船舶都使用这类技术,每年将节约燃料费用45亿元,可见经济效益非常可观。

(3) 安全系数高。在船舶上使用的LNG与传统的燃油相比,在许多方面可靠性均优于柴油,例如,LNG着火点和爆炸极限高于柴油(柴油着火点260℃,爆炸极限0.5%~4.1%,天然气着火点650℃,爆炸极限4.6%~14.57%)。另一方面LNG不会对水体产生污染,因其属低温液体,泄漏时自然气化快,天然气相对密度为0.58,比空气小,发生泄漏后会自动向上溢开扩散到大气中,即便船舶意外在水体中发生燃料泄漏,也不会对水体造成巨大的污染危害。

表4 各类车辆的能耗指标及运行经济指标

	车辆种类	百km燃料	百km燃料热量(MJ)	单位热量行驶里程(m/MJ)	同热量里程比较(%)	燃料单价	百km燃料费用(元)	费用比较(%)
公交车	汽油(93#)车	32.0L	1 019.9	98.1	100	7.7元/L	246.4	100
	汽油改装CNG车	34.0Nm ³	1 210.1	82.6	84.2	4.8元/Nm ³	163.2	66.2
	柴油(0#)车	28.0L	1 027.8	97.3	100	7.6元/L	212.8	100
	柴油改装CNG车	35.0Nm ³	1 245.7	80.3	82.5	4.8元/Nm ³	168.0	78.9
	原装CNG车	33.0Nm ³	1 174.5	85.1	87.5	4.8元/Nm ³	158.4	74.4
出租车	汽油(93#)车	9.0L	286.8	348.6	100	7.7元/L	69.3	100
	汽油改装CNG车	9.5Nm ³	339.2	294.8	84.6	4.8元/Nm ³	45.6	65.8
	原装CNG车	9.0Nm ³	320.3	312.2	89.6	4.8元/Nm ³	43.2	62.3

2013年9月1日,由中国船级社(CCS)发布的国内首部以天然气燃料作动力的船舶技术规范《天然气燃料动力船舶规范》正式生效。9月26日,全国首个水上LNG加注站——“海港星01号”在南京市八卦洲投入试运行。行业规范的出台加上交通运输部示范工程的投入运行,标志着我国水上运输即将开启“LNG动力”的全新时代。

2014年4月9日,财政部和交通运输部联合发布《内河船型标准化补贴资金管理办法》,如表5所示,办法中对LNG动力示范船的补贴标准制定了明确规定,并对全国内河船型标准化补贴资金的管理做了规范,该办法的出台将有力的推动LNG动力船舶产业破冰。在该补贴标准下发之前,造船及航运企业在此成本压力制约下,新建LNG动力船舶的积极性不高。预计在大幅补贴刺激下,后期新建LNG动力船舶增速将有提升。

表5 新建液化天然气(LNG)动力示范船的补贴标准

建成完工时间	主机总功率	单船补贴(万元)
2013.10.1~2015.3.31	300kW以下	85
	300kW及以上至未滿600kW	105
	600 kW及以上至未滿1 000kW	120
	1 000kW及以上	140
2015.4.1~2015.12.31	300kW以下	63
	300kW及以上至未滿600kW	78
	600 kW及以上至未滿1 000 kW	90
	1 000kW及以上	100

LNG动力船的发展目前正方兴未艾,但还存在一系列的问题。政策层面,需要完善相关的法律法规和技术规范,解决各地实际航运情况中的政策“瓶颈”,进行稳定的、有一定覆盖面的补贴经济激励;技术层面,尽管LNG动力船的设备技术已近成熟,但由于缺乏相关安全、技术指南以及我国内河航运船员文化素质不高,船舶运营潜在操作风险过高;从航运市场来看,由于LNG动力船改造技术刚刚起步,新建船和改造船都无法达到规模经济的效果,导致船东积极性不高;在燃料供应补给方面,缺乏国家层面的燃料补给规划,某些地方上的布点才刚刚起步,没有实现普及性。

3 广东省天然气利用的方针与原则

根据前述对天然气在各领域应用的竞争性分析,借鉴国内其它城市应用的成功经验,并结合广东省的实际情况,建议广东省天然气综合利用的方针和原则如下:

- (1) 保障居民及商业用气;
- (2) 鼓励工业用户用天然气替代所使用的燃油和生物质;
- (3) 审慎发展燃气空调用户;
- (4) 稳健发展分布式能源;
- (5) 加快发展CNG和LNG车船。

4 结束语

提高天然气利用水平是实现能源结构调整的最有效途经,应把天然气的综合利用提到城市可持续发展的战略高度上来,通过多途径综合利用,搞好城市气化。应该既考虑天然气利用的环境效益,同时保证其经济性,以保证能源利用的可持续性。

参考文献

- 1 杨光,谢翔,万云. 深圳市天然气调峰方案的优化与探讨[J]. 煤气与热力, 2009; 29(8): B01-B03
- 2 付子航. 煤制天然气碳排放全生命周期分析及横向比较[J]. 天然气工业, 2010; 30(9): 100-104
- 3 张洁,张良俊,王如竹等. 空气源热泵热水器系统优化计算及实验研究[J]. 太阳能学报, 2007; 28(3): 286-290
- 4 薛茂梅,杨庆泉,韩明新. 燃气空调的类型及经济性分析[J]. 煤气与热力, 2005; 25(12): 44-46
- 5 王小伍,华贵,阳正东等. 广东省进口LNG替代现用能源的分析[J]. 天然气工业, 2008; 28(2): 145-147
- 6 罗东晓,郑少芬. 天然气汽车的经济性分析[J]. 煤气与热力, 2007; 27(3): 21-24
- 7 王祎博,王建平. LNG船舶市场前景与我国LNG船员培养模式分析[J]. 中国水运, 2011; 11(11): 53-56
- 8 初良勇. 福建省进口LNG船舶运输经济性分析[J]. 集美大学学报(自然科学版), 2004; 9(1): 74-76