

三个城市应用 BCHP 系统的可行性气价分析

同济大学 白 玮[☆] 龙惟定

摘要 对上海、北京、成都建筑热电冷联供(BCHP)系统与其他四种空调方案在同样的产出水平下的经济性进行了分析,根据电力与天然气比价确定了 BCHP 系统合理的可行性气价,建议电气比价取 0.9:1,相关部门可据此参考制订商用 BCHP 用户的优惠气价及天然气价格补贴政策。

关键词 建筑热电冷联供系统 经济性比较 寿命周期成本 电气比价

Analysis on feasible gas price for BCHP in three cities of China

By Bai Wei[★] and Long Weiding

Abstract Analyses the economics of the BCHP system and other four kinds of air conditioning systems under the same delivers in Shanghai, Beijing and Chengdu. Defines and calculates the feasible price ratio of electricity to gas for BCHP system in the three cities, and finally proposes that the authorities stipulate the favourable gas price and gas policy to the BCHP users based on the price ratio of 0.9:1.

Keywords building cooling heating power system, economical comparison, life cycle cost, price ratio of electricity to gas

★ Tongji University, Shanghai, China

①

0 引言

尽管近年我国遇到了前所未有的电力紧缺局面,但分布式能源特别是建筑热电冷联供技术的发展总体上处于“雷声大,雨点小”的状况。很多研究成果都指出以天然气为动力的建筑热电冷联供系统 BCHP(building cooling heating power)对于提高能源利用率、缓解电力高峰负荷、合理利用天然气资源等具有重要的意义。我国政府一直把以燃气分布式供能系统为核心的热电(冷)联产联供作为重点鼓励发展的能源项目,但几家单位将分布式供能用于建筑的试点结果却并不理想。原因很复杂,很多专家将主要原因归结于电力不能上网和天然气价格太高。研究人员指出 BCHP 系统应享受一定的天然气价格优惠以保证其经济性,但并未获得有关确定气价的通用的依据。本文将就此以上海、北京和成都三地为例作详细的分析,以获得确定推广应用 BCHP 系统的可行性气价的依据。

1 BCHP 系统与其他形式冷热源的经济性比较

本文对以下五种空调方案在同样的产出水平下进行货币分析,用到的评价指标主要有初投资、年运行成本、寿命周期成本及寿命周期内的等额年度成本费用。

方案 1:离心机+电热锅炉(制冷量 1 230 kW,制热量 930 kW)

方案 2:电动空气源热泵(制冷量 1 030 kW)

方案 3:直燃机(天然气)(制冷量 1 163 kW,燃料耗量 956 kW,天然气热值为 36 MJ/m³)

方案 4:热电冷联产(某公司微型燃气轮机 TG80CG-S/C,2 台,1 167 kW 的余热型溴化锂

①☆ 白玮,女,1974 年 6 月生,博士研究生,讲师
200070 上海市中山北路 727 号同济大学楼宇设备工程与管理系
(021) 66052687
E-mail: baiwei@mail. tongji. edu. cn
收稿日期:2006-03-02

吸收式冷热水机组 1 台)

方案 5:离心机+燃气锅炉(制冷量 1 230 kW)

选取上海、北京、成都三地,以考查在不同的电、气价政策下 BCHP 系统表现出的经济性,具体的电价、气价见表 1,2。由于空调系统本身属于消

表 1 北京、上海、成都峰谷分时商业电价 元/(kWh)

用电时间(分时电价)		北京	上海	成都
峰时段	08:00~11:00,18:00~21:00	0.92	0.972	1.116 5
平时段	06:00~08:00,11:00~18:00, 21:00~22:00	0.56	0.646	0.712 7
谷时段	22:00~06:00	0.253	0.267	0.308 9

注:1)表中数据来自价格信息网和上海市工业电力局。

2)本文分析以商用办公楼为主,使用时间为 8:00~18:00,平均电价为该时段内的电价。

表 2 北京、上海、成都天然气价格 元/m³

北京		上海		成都
1.4	1.7	1.9	2.3	1.01
(热电联产)	(制冷用户)	(商用 BCHP)	(商用)	(商用)

注:表中数据来自价格信息网和上海市煤气管理处。

费性投资,并无直接的经济收益,也不存在所谓的投资收益率和投资回收期,因此本文中不涉及这两个评价指标的计算。需要说明的是,在本计算中,BCHP 系统以产热为主,回热器关闭,产电自用,并按照现行电价考虑收益。

空调系统的寿命周期成本 LCC(life cycle cost)一般包括建设初期的调研、设计费,设备费,运行费,维护、修理费,人工费,税金,保险费和报废处理费等。由于空调属于消费性投资,在不考虑收入的情况下,计算的寿命周期成本实际上就表示在寿命周期内的动态投资额,即财务净现值。

在作不同方案的对比研究时,将项目初投资和各年运行成本在项目寿命周期内均摊,同时考虑货币的时间价值(贴现率),求得各年的等额年度成本费用。在以下的计算中,以政府的借款利息率作为社会贴现率。最后只要将财务净现值乘上资本回收系数 F_R ,即转换为等额年度成本费用 EUAC。

上海、北京、成都三地不同空调方案货币分析的结果见图 1,2,3。

上海市天然气作为一次能源,价格很昂贵,BCHP 系统仅仅拿到 1.9 元/m³ 的优惠气价,但电价却相对便宜,上海市 2004 年 9 月发布了《关于鼓励燃气空调和分布式供能系统发展的政策意见》,其中规定了对分布式供能系统按 700 元/kW 设备投资给予一定的补贴,但最终计算结果表明在没有进一步的优惠政策下,上海应用 BCHP 的经济性

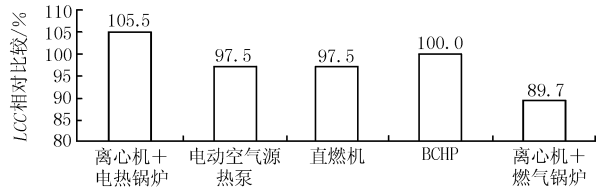


图 1 上海市 LCC 比较结果

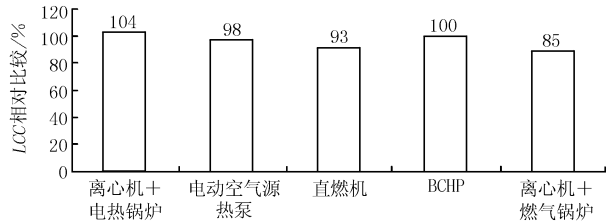


图 2 北京市 LCC 比较结果

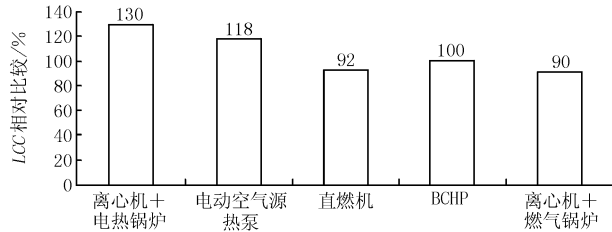


图 3 成都市 LCC 比较结果

并不乐观。常规的空调冷热源配置离心机+燃气锅炉的经济性远远优于 BCHP 系统,就连能效不高的电动活塞式空气源热泵的经济性都胜过 BCHP。北京市几个方案经济性优劣的最终比较呈现出相似性,离心机+燃气锅炉>直燃机>电动空气源热泵>BCHP 系统>离心机+电锅炉。成都市由于地区优势,天然气价格相当优惠,但同时电价却比较高,因而燃气空调就具有了十分明显的优越性。计算表明楼宇热电冷联产系统的年运行成本费用仅仅是电动空气源热泵的 1/5,是离心机+电锅炉的 1/8,同样也低于直燃机,但由于其初投资昂贵,最终经济性屈居于直燃机和离心机+燃气锅炉之后。

需要进一步说明的是,我国有些城市规定电力用户需按照最大需求或变压器容量缴纳一部分基本电费,这是电力公司运用经济杠杆控制高峰用电负荷的一个有效手段。以上海为例,商业用户按照最大需求需缴纳的基本电费费率为 30 元/(kW·月),这相当于空调用户寿命周期内的等额年度费用的额外增加。因此,如果考虑用户因电力空调而增加的基本电费的话,BCHP 系统的经济性无疑是优于电力空调的。图 4 为考虑基本电费前后上海

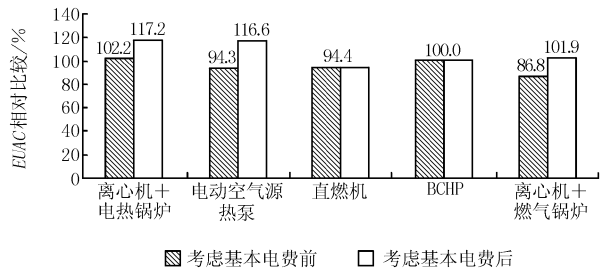


图 4 在考虑基本电费前后上海市五种空调冷热源方案 EUAC 的相对变化

市五种空调方案 EUAC 的相对变化。

BCHP 与常规的电力空调相比,是否具有明显的经济优势很大程度上受到驱动能源价格机制(天然气和电力的比价)的影响,而另一方面,楼宇热电冷联产系统由于设备初投资昂贵而增加了用户最终的使用成本。但如果从宏观经济学的角度和公共产品的外部性上考虑,一次能源应用天然气对社会净福利的增加的确存在着积极的促进作用,那么,应该如何确定合理的天然气价格以鼓励和促进 BCHP 系统的推广使用,本文将就此作出具体的分析。

2 电气比价讨论

确定商业 BCHP 或燃气空调的可行性气价,可以参考电力与天然气的比价。

定义电力与天然气的比价为

$$R_{eg} = \frac{P_e}{P_g}$$
 (1)

式中 R_{eg} 为电力与天然气比价; P_e 为电力单位当量热值的价格,元/kJ; P_g 为天然气单位当量热值的价格,元/kJ。

从以上对燃煤火力发电之电力空调与燃气空调的比较可以看出,由于各地电力与天然气的比价不同,导致各个方案的寿命周期成本优劣性排序大相径庭。表 3 显示了各地不同的电力与天然气的比价关系。成都市的电力与天然气的比价高达 8.2 : 1,

表 3 本文计算中采用的电价与天然气价格

地区	天然气价格/(元/m³)		用户平均零售价/(元/(kWh))	比价	
	商用	BCHP	8:00~18:00	商用	BCHP
上海	2.3	1.9	0.744	3.208	3.883
北京	1.7	1.4	0.668	3.897	4.732
成都	1.01	1.01	0.833 8	8.188	8.188

注:天然气热值按照 36 MJ/m³,电力热值按照 3.6 MJ/(kWh)计算。

北京市的电力与天然气的比价为 3.897 : 1,用于 BCHP 的电力与天然气的比价也已达 4.732 : 1,上海市 2004 年拉大了分时电价差,但其电力与天

然气的比价仍旧偏低,即使是用于 BCHP 的优惠气价,其电力与天然气的比价也只有 3.883 : 1。

分析 BCHP 与电力空调(电动活塞式空气源热泵)的等额年度成本费用之比与电、气比价关系,可知二者均呈一阶线性相关(见图 5)。从图 5 可知,如

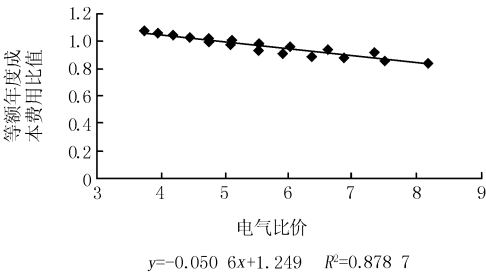


图 5 BCHP 与电动空气源热泵系统等额年度成本费用之比与电气比价的关系

若将电力与商业用天然气的比价提高到 4.92 : 1,在同样产出水平下,BCHP 的经济性就已超过电动空气源热泵。而北京、上海两地的现行电气比价却低于此数值,分别仅为 4.732 : 1 和 3.883 : 1。因此,对于上海市而言,在现有电价水平下,如若使 BCHP 系统的经济收益超过电动活塞式空气源热泵,此比价关系就意味着商用用户侧应该享用到 1.49 元/m³ 的天然气价格;而对于北京市而言,则意味着商用 BCHP 用户的天然气价格应为 1.346 元/m³。

国际上电气比价按当量热值计算一般为 4 左右(见表 4)。但在我国,由于各种原因,长期以来

表 4 当量热值折算的电气比价

价格/(元/m ³)		电气比价	
		工业	非工业
上海			
非民用			
1~10 000 m ³ /月*	2.6	2.54 : 1	2.66 : 1
10 000~20 000 m ³ /月	2.5	2.65 : 1	2.77 : 1
20 000m ³ /月以上	2.3	2.88 : 1	3.01 : 1
特批价	1.9	3.48 : 1	3.65 : 1
民用	2.3	2.771 : 1	
北京			
商用	1.4~1.8	2.41 : 1~4.11 : 1	
工业	1.8	3.19 : 1	
工业发达国家平均		4.90 : 1	
工业发达国家平均(民用)		3.10 : 1	
美国			
非民用		3.88 : 1	3.98 : 1
民用		3.67 : 1	

注: * 耗气量。

电气比价偏低,因而制约了燃气空调市场的开发。因此,在我国优化一次能源结构,增加燃气需求而

降低电力需求的战略环境下,对于应用 BCHP 的商业用户,应给予合理的价格补贴,其基本原则为用户侧的电气比价至少提高到 4:1(制冷和供暖)和 4.9:1(BCHP),以提高燃气空调经济性。从表 4 可以看出,上述比价关系基本上与工业发达国家平均水平持平。

夏季是空调用电高峰,同时也是空调燃气用量的低谷,政府在制定能源政策时应考虑如何在夏季提高燃气空调的低谷负荷同时降低电力空调的高峰负荷,在这方面,我国可以借鉴国际上的一些经验。上个世纪的 70~80 年代,由于夏季空调电负荷迅速增长,日本电力供应的尖峰负荷与低谷负荷差不断扩大,电力成本相应上升。日本政府为了均衡能源利用,采取了减税、降息、补贴等措施,燃气公司主动将夏季燃气空调和楼宇冷热电联产的燃气费下调了 40%,结果从 1988 年至 1998 年,降低了 5% 电力高峰负荷,燃气在夏季的低谷负荷提高了 18%,提高了夏季燃气管网的利用率,降低了燃气供应的成本。因此,根据上文计算结果,我国在制定天然气价格时,可以考虑在夏季给予 BCHP

用户一定的优惠价格,将用户侧电气比价调整到合理水平。

3 结论

3.1 分析比较几种常规冷热源与 BCHP 系统的经济性发现,BCHP 系统尽管存在热、电两种收益,但在目前上海、北京和成都三地现行的天然气价格体制下,BCHP 系统的经济性不如常规电力空调。

3.2 参考电力与天然气比价,可以确定合理的应用 BCHP 系统的可行性气价,本文通过计算得到该比价关系为 4.9:1,各地政府可据此确定给予商用 BCHP 用户的优惠气价。

3.3 当某些节能示范项目试图应用 BCHP 系统时,用户可根据电气比价关系申请合理的天然气价格补贴政策。

参考文献

(上接第 34 页)

[24] Kohonen R. Transient analysis of the thermal and moisture behavior of building constructions [J]. Building and Environment, 1984,19(1):1-11

[25] Thomas W C, Burch D M. Experimental validation of a mathematical model for predicting water vapor sorption at interior building surfaces [G]//ASHRAE Trans, 1990, 96 (1):487-496

[26] Pedersen C R. Prediction of moisture transfer in building constructions [J]. Energy and Buildings, 1992,27(3): 387-397

[27] Yoshida H, Terai T, Sueyoshi H. Transient analysis of air-conditioning load and room conditions considering simultaneous heat and moisture transport of multi-layered constructions [J]. Building and Environment, 1994,29(3):37-43

[28] Fernando B, Antonio T, Nuno S. Heat conduction across double brick walls via BEM [J]. Building and Environment, 2004,39(1): 51-58

[29] Kusuda T. Indoor humidity calculation [G] //ASHRAE Trans, 1983, 89(2):728-38

[1] 丁文婷. 空调用能源的选择[D]. 上海:同济大学, 2001

[2] 龙惟定,白玮,潘毅群,等. 我国民用建筑空调的发展面对能源制约的对策研究[R]. 北京:中国制冷与空调工业协会,2004

[30] Mendes N. Moisture effects on conduction loads [J]. Energy and Buildings, 2003,35(7):631-644

[31] 周良,张国强. 建筑节能及暖通空调仿真软件的发展现状和发展[J]. 湖南大学学报:自然科学版, 2000, 27 (6):103-108

[32] Kerestecioglu A, Gu L. Theoretical and computational investigation of simultaneous heat and moisture transfer in buildings “evaporation and condensation” theory [G]//ASHRAE Trans, 1990, 96(1):455-464

[33] Defreitas V P, Abrantes V, Crausse P. Moisture migration in building walls—analysis of the interface phenomena[J]. Building and Environment, 1996, 31 (2): 99-108

[34] 章熙民,任泽霏,梅飞鸣,等. 传热学[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2001

[35] 闫增峰. 生土建筑室内热湿环境研究[D]. 西安:西安建筑科技大学,2003

[36] 陈友明,陈在康. 建筑内表面吸放湿过程对室内环境和空调负荷影响的仿真研究[J]. 暖通空调,1999,29 (5):5-9