

燃气热泵空调在上海住宅应用的可行性

傅允准 张旭 许旺发

(同济大学暖通空调及燃气研究所)

傅允准等.燃气热泵空调在上海住宅应用的可行性.天然气工业,2005;25(11):115~118

摘要 上海经济近年的飞速增长,已经大大改善了人们的居住条件,加之对居住环境舒适度要求的不断提高,促使上海市的各类空调拥有率不断上升,结果造成了夏季城市高峰期电力的短缺。为此,上海市政府大力鼓励燃气空调的应用。以上海某一别墅为例,分析了燃气热泵空调在上海住宅应用的可行性;采用 BIN 法计算了别墅全年动态负荷和燃气热泵空调系统全年能耗,并与电空调进行了比较,分析其节能效果和环境效应;应用费用年值法研究了燃气热泵空调的初投资和运行费用,并据此与数种电空调的费用年值进行了比较,分析其经济性和方案优劣性。研究结果表明,燃气热泵空调全年一次能源消耗量和对环境的影响程度都低于电空调;但初投资和年运行费用与电空调相比不具有优势。最后得出:当燃气价格与电价之比小于 2.6 时,燃气热泵空调的费用年值最小。

关键词 燃气热泵 空气调节 经济性 环境影响 费用年值 比较 上海市

我国住宅空调以电力家用空调为主,近几年我国的家用空调器拥有率以每年约 20% 的速度增长。根据 2002 年调查发现,上海市空调普及率为 96.8%,家用空调拥有量为每百户 177 台^[2],夏季空调用电量过度增加已造成高峰期电力短缺。如何解决高峰期电力紧张和合理利用城市能源,已成为上海市面临的一个紧迫而又棘手的难题。

一、燃气热泵空调简介

燃气热泵空调是由压缩机、冷凝器、蒸发器和节流阀四大部件组成。燃气热泵空调通过燃气发动机驱动压缩机,实现夏天制冷,冬天供暖。

尽管燃气热泵空调在我国目前还处于应用初始阶段,但是上海市政府已开始大力鼓励燃气空调的应用,并推出了一系列优惠政策;另外燃气公司也实行优惠气价,以鼓励燃气空调的应用。可以预计,燃气空调在我国的应用具有巨大的市场潜力。

燃气空调是一种稳定的天然气消耗设备,用气低谷在夏季。城市电力、燃气需求峰谷之间具有良好的互补性,所以燃气空调不仅能够削减电力高峰负荷,减少电力投资,亦能对燃气起到填谷的作用,

同时提高了燃气管网的利用率。在上海地区发展燃气空调可以说是一举两得,既缓解了高峰期的电力紧张,又改善了城市的能源结构。

二、住宅电力空调方式及特点

1. 风冷热泵机组+风机盘管

该系统由风冷热泵机组、室内机、水管、膨胀水箱、循环水泵等组成。在房间里设风机盘管,对房间内空气进行循环处理,各房间能单独调节温度,运行灵活;该系统紧凑,安装方便,占室内建筑空间较少,比较容易与建筑装修融为一体。

2. VRV 系统

VRV 系统由一台风冷冷热水热泵室外机带多台室内机,室内机通过变频控制实现能量调节,以适应不同房间负荷的变化。

三、工程概况

上海某别墅为两层结构,建筑面积为 527.10 m²,空调面积为 240 m²,层高 2.8 m,总冷负荷 35444.3 W,热负荷 31230.5 W,同时使用系数为 0.7,平面布置见图 1、图 2。

作者简介:傅允准,1978 年生,同济大学博士研究生,研究方向为深井水源热泵应用、上海住宅采暖与制冷优化方案、高精度恒温空调控制策略。地址:(200433)上海市民路 230 弄 8 号 303 室。电话:13764386577。E-mail:shxqd@126.com

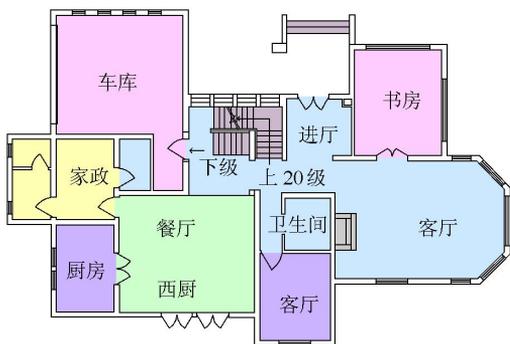


图1 别墅一层平面图

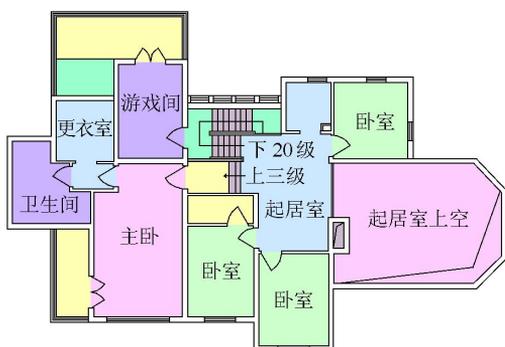


图2 别墅二层平面图

四、各种空调方案的设备选择

各种空调方案室外机参数如表1所示。

表1 各种空调方案主要设备参数表

方案	风冷热泵	VRV系统	燃气热泵
机组型号	MAC100CR	MDS100AR	SGP-E90J2GU2
制冷量/制热量(kW)	制冷量:28.1 制热量:31.5	制冷量:27.0 制热量:28.0	制热量:28.5 制热量:33.5
燃气/电输入量(kW)	制冷:9.4 制热:9.6	制冷:9.4 制冷:8.3	制热:22.6 制热:24.7
数量(台)	1	1	1

五、空调系统全年能耗分析

笔者采用BIN法计算别墅全年动态负荷和空调系统全年能耗。

1. BIN参数

根据1984年(典型气象年)的气象观测日报表,上海气象局用拉格朗日插值法,生成了全年8784h(闰年)的逐时干球温度、相对湿度、风向、风速、气压、总云量、法向直射日射、水平面的散射日射等数据。根据这些基础数据,整理上海地区2℃间隔、

24h运行的BIN参数,见表2。在BIN参数中有4个与建筑能耗有关的代表温度:高峰冷负荷温度,上海地区为36℃;中间冷负荷温度,上海地区取24℃;中间热负荷温度,上海地区取8℃;高峰热负荷温度,上海地区为-6℃。

表2 上海地区2℃间隔、24h运行的BIN参数表

BIN	-6	-4	-2	0	2	4	6
小时数(h)	12	76	168	351	524	486	440
湿球温度(℃)	-6.3	-5.1	-3.3	-1.6	0.1	1.8	3.8
BIN	8	10	12	14	16	18	20
小时数(h)	498	521	478	428	499	589	613
湿球温度(℃)	6.2	8.2	10.0	11.5	13.6	15.5	17.6
BIN	22	24	26	28	30	32	34
小时数(h)	616	537	718	587	36	192	77
湿球温度(℃)	19	21.4	23.8	25.0	25.8	26.4	27.0

2. 别墅全年动态负荷计算

根据BIN参数及维护结构的传热特性,得出通过玻璃窗的日射负荷、传导负荷中的日射负荷、温差传导负荷与室外空气温度的线性关系,最后得到别墅全年动态负荷分布,见图3。

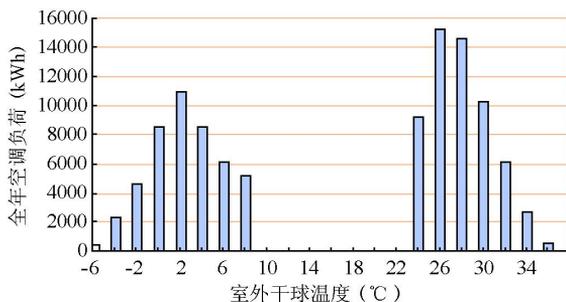


图3 别墅全年空调负荷分布图

3. 空调系统全年运行能耗分析

燃气热泵系统能耗主要包括热泵机组燃气发动机、送风机、以及室内空调末端设备等。消耗能源形式不仅有电能而且主要是天然气。而风冷冷热水泵空调和VRV空调系统消耗都是高品质的电能。各空调系统全年能耗计算结果如表3所示。

表3 系统全年能耗计算结果表

方案名称	耗电量(kW)	耗气量(m ³)	标准煤耗量(t)
风冷热泵系统	47400.0	0	19.6
VRV系统	42339.2	0	17.5
燃气热泵系统	6894.1	9832.2	14.9

4. 空调系统一次能源消耗量分析

由于各空调系统使用的燃料和效率不同,有的需要消耗电,有的消耗燃气,很难进行比较,所以将不同空调方式的能耗均折算成一次能源消耗量——标准煤耗量进行比较。各空调系统全年标准煤耗量计算结果如表3所示,从中可以看出,燃气热泵空调系统年标准煤耗量是14.9 t,与风冷热泵、VRV系统相比分别节省31.5%、17.5%的煤耗量。说明燃气热泵空调一次能源的利用率高于电空调,具有显著的节能效果。

六、经济性分析

经济性分析采用费用年值法,费用年值法只需要计算每个被选方案的第1个寿命周期的年限,并且对该年限内的年度费用值作比较,故寿命不等问题就完全被解决了。采用资本回收公式把方案的初投资等额折算到每一年并与该年的运行费用求和即可,计算公式为:

$$A_c = C_i \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] + C_k \quad (1)$$

式中: A_c 表示费用年值,元; C_i 表示初投资,元; C_k 表示年运行费用,元; n 表示使用年限, a ; i 表示回收系数,取10%。

该方法以系统的年度费用为判别依据,年度费用最低方案即为最优设计方案。

1. 初投资

初投资指空调系统各部分投资之和,包括:设备购置费用、工程材料费及辅材费、工程安装费、工程管理费及税金等。

各空调系统初投资和考虑上海市政府对燃气空调补贴按照100元/kW制冷量的初投资计算结果如表4所示。分析可知,虽然上海市政府对燃气空调进行补贴,但燃气热泵空调初投资还是分别高于风冷热泵空调系统和VRV空调系统37.4%、13.2%。说明燃气热泵空调设备由于目前生产条件和技术有限,初投资还较高,与电空调相比没有竞争优势。

表4 各系统经济分析各项计算结果 元

方案名称	风冷热泵系统	VRV系统	燃气热泵系统
初投资	68400	94800	112000
初投资(补贴100元/kW制冷量)	68400	94800	109200
年运行费用	33137	31681	32708
费用年值	42125	44137	47056

2. 年运行费用

年运行费用主要包括:电费、燃料费、设备折旧费、维修费及其他费用等。电价取0.61元/kWh,天然气2.1元/m³,各空调系统的年运行费用计算结果如表4所示。分析表4可以得出,燃气热泵的年运行费用略低于风冷热泵,略高于VRV空调系统。

3. 费用年值

费用年值是评价各个方案经济性的最终标准,它综合考虑了在不同条件下年运行费用和初投资。费用年值最小值的方案即是经济评价方法中的最优方案。按公式(1),分别计算各方案费用年值如表4所示。分析表4可以看出,按照目前气电价比,燃气热泵空调系统的费用年值最高,从经济性的角度分析是最差的一个方案。

而在不同气电价比时各方案费用年值如图4所示。

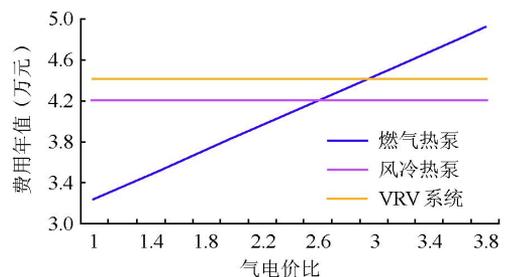


图4 不同气电价比下各方案费用年值

但分析图4可以发现,当气电价比小于3时,燃气热泵空调系统费用年值小于VRV系统;而当气电价比小于2.6时,燃气热泵空调的费用年值最小,是三者中最佳的方案。

七、环境影响分析

住宅空调方案对环境的影响分析主要从各种污染物的排放量来评价。其中主要的污染物有烟尘、SO_x、NO_x和CO₂。污染物排放分为直接排放和间接排放,燃料燃烧产生的污染物为直接污染。以电为能源的方案都是直接用电进行采暖与制冷的,虽然电能对当地的环境没有污染。但由于我国的电力供应主要依靠燃煤火力发电,大约有70%的电力来自以煤为燃料的火力发电厂。所以说,电力采暖与制冷虽然没有直接的污染,但仍然有间接污染,不能简单的将电能看作无任何污染的清洁能源。

1. 各种燃料的排放指标^[4]

各种燃料的排放指标见表5。

表5 各种燃料的排放指标表

排放物	燃煤火力发电厂(g/kWh)	天然气(g/m ³)
粉尘	0.57	0.62
SO _x	9.14	1.24
NO _x	3.32	4.96
CO ₂	1.586	1940

2. 各方案污染物排放量比较

别墅各空调系统全年所排放的污染物 CO₂、SO₂、NO_x 粉尘的情况见表 6。

表6 各种方案污染物排放量比较表

系统名称	燃气热泵系统	VRV 系统	风冷热泵系统
CO ₂ (t)	30.0	67.2	75.2
SO ₂ (kg)	75.2	387.0	433.2
NO _x (kg)	71.7	140.6	157.4

分析表 6 可以看出,燃气热泵空调系统与电空调相比污染物排放量大大地减少。燃气热泵空调系统的年污染物排放量最小,与 VRV 空调系统、风冷热泵空调系统相比就 CO₂ 每年排放量分别少排放了 37.2 t、45.2 t。因此燃气热泵空调系统比电空调对环境的影响和破坏更小。

八、结 论

(1)燃气热泵空调一次能源的利用率明显高于电空调,具有显著的节能效果。

(2)燃气热泵系统在初投资上与电空调方案相比不具有优势,但是其年运行费用与电空调相当。

(3)从经济性的角度分析,当气电价比小于 3 时,燃气热泵费用年值小于 VRV 系统却高于风冷热泵空调系统;而当气电价比小于 2.6 时,燃气热泵空调的费用年值最小,是 3 个方案中最佳的方案。

(4)在各个方案污染物排放量比较方面,燃气热泵空调全年污染物排放量最小,与电空调相比具有良好的环境效益。

参 考 文 献

- 1 上海市统计年鉴 2002.北京:中国统计出版社,2002
- 2 龙惟定.家用集中空调发展刍议.建筑热能通风空调,2004;23(1):39~43
- 3 罗丽芬.暖通空调领域的燃气应用.暖通空调,2002;32(4):26~28
- 4 张挺.中国美术馆空调改造工程冷热源方案比较.暖通空调,2003;33(5):74~76

(修改回稿日期 2005-08-25 编辑 居维清)