

VRV 家用中央空调器 SEER 的计算与分析

何学平¹, 方建良¹, 赵 巍², 张 华²

(1. 浙江盾安人工环境设备有限公司, 浙江 杭州 310009; 2. 上海理工大学制冷技术研究所, 上海 200093)

摘 要: 本文根据日本东京地区、中国台北地区、中国上海地区的气候条件, 以及 VRV 家用中央空调器全年的性能特性参数, 建立了空调器 SEER 的计算模型, 并对上述三个气候条件的 SEER 的计算结果进行了对比分析。同时也对比了三个地区负荷率 0 时的基准温度对空调器 SEER 的影响。

关键词: 家用中央空调; 季节能效比

中图分类号: TM925. 12 文献标识码: A 文章编号: 1002- 6339 (2005) 01- 0037- 03

Calculation and Analysis of SEER of VRV Household Central Air Conditioner

HE Xue- ping¹, FANG Jian- liang¹, ZHAO Wei², ZHANG Hua²

(1. Zhejiang Dunan Artificial Environment Equipment Co. Ltd, Hangzhou 310009, China;

2. Institute of Refrigeration, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093 China)

Abstract: According to the climate conditions in Tokyo, Taipei and Shanghai, and the performance characteristic parameters of variable refrigerant volume (VRV) household central air- conditioner in the whole year, calculation model of seasonal energy efficient ratio of variable speed air- conditioning is set up. The calculation results for above three climate conditions are compared, and the variation laws of variable refrigerant volume air- conditioners' SEER under above three climate conditions are analyzed. The influence of the base temperature on VRV household central air- conditions' SEER are also pointed out.

Key words: household central air conditioner; Seasonal Energy Efficiency Ratio

1 前言

由于变频空调器具有诸多优越性, 它成为世界空调器发展的方向, 应用越来越广泛^[1]。以往评价定频的效率指标 EER (Energy Efficiency Ratio), 不能准确评价变转速空调器的实际运转效率。为了推动变频空调器的发展, 发达国家制定了新的标准—季节能效比 SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio) 作为空调器的效率标准, 其中以美国和日本为代表。季

节能效比 SEER 定义为在正常的供冷期间, 空调器在特定地区的总除热量 (总制冷量) 与总输入能量 (总耗电量) 之比。SEER 不仅考虑了稳态效率, 同时还考虑了变化的环境和开关损失因素, 是一个较为合理的评价指标。

最近, 家用中央空调发展很快, VRV 家用中央空调是典型产品。它的使用特点是节能要求高, 使用时负荷变动很大。评价家用中央空调节能也需要采用 SEER 指标。

季节能效比 SEER 的计算, 首先要确定空调器的季节总负荷, 根据样板地区的气候条件, 对不同级别的空调器按照不同规格的空调房间 (即不同制冷

收稿日期 2004- 09- 29 修订稿日期 2004- 10- 28

作者简介: 何学平 (1967-), 男, 工程师。

张 华 (1966-), 教授。

能力)为计算对象,统计出空调房间在不同的室外温度下产生的冷负荷,冷负荷对室外温度持续的时间进行积分,即可求出季节总负荷。

其次要求出空调器的季节耗电量,根据样板地区的气候条件,统计出不同室外温度下空调器工作的发生时间,求出空调器在不同室外温度和规定的使用条件下的功耗,将功耗对发生时间积分即可得到季节耗电量。

将求出的季节总负荷除以季节耗电量,就得到了制冷季节能效比 SEER^[2,3]。

SEER 计算公式^[3]:

$$SEER = \frac{\sum_{j=1}^n Q(t_j)}{\sum_{j=1}^n E(t_j)}$$

式中 j —— 温区号,自低温向高温编号, $j = 1, 2, 3 \dots n$;

n —— 样板地区制冷季节温区数;

t_j —— j 温区的代表温度, $^{\circ}\text{C}$;

$Q(t_j)$ —— j 温区的空调器的总除热量, W ;

$E(t_j)$ —— j 温区的空调器的总输入能量, W 。

因此,需要有空调器使用地区的气候条件、计算准则和空调器的变工况性能参数,才能正确计算 SEER。

2 SEER 数学模型建立

SEER 影响因素很多,为了便于对比,美国标准^[3,4,5]和我国试行规定都提出了两个重要假设:①在保持室内空气状态不变条件下,房间空调器供冷能力与供热能力以及输入功率与室外空气温度成线性关系;②房间冷、热负荷与室外空气温度成线性关系^[3]。

负荷率在 100% 以下时,空调器的性能关系假设是否正确,我们选用某家用中央空调的实际性能进行验证^[6],它们的关系见图 1、图 2。可以很清楚的看到它们的线性关系是正确的。当负荷率超过 100%,或室外温度超过某一个值时,其输入功率和制冷量会显著偏离线性关系。这是由于压缩机在高转速运行,冷凝温度过高引起控制模式变化。这需要引起重视。

假设室内温度保持 27°C 不变,当室外温度为 18°C 时,压缩机频率为 0 (停机状态),空调器的负荷率为 0;室外温度为 35°C 时,压缩机频率为额定频率,空调器的负荷率为 1。根据这两点数据,可以进行线性插值,确定出不同温区的负荷率。

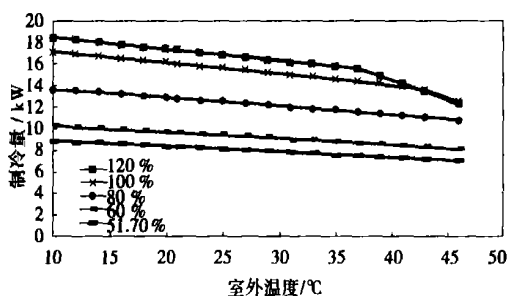


图 1 VRV 家用中央空调在不同负荷率下制冷量与室外温度的关系

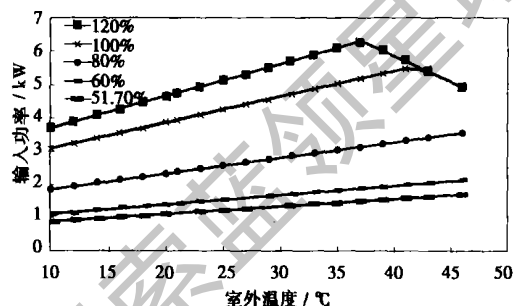


图 2 VRV 家用中央空调在不同负荷率下输入功率与室外温度的关系

负荷率可按下式计算:

$$X(t_j) = \frac{j-18}{35-18} X(35)$$

式中 $X(t_j)$ —— 对应于 t_j 温度下的负荷率, $X(35) = 1$ 。

因此,根据对应于负荷率 $X(t_j)$ 的 $q(t_j)$ 、 $e(t_j)$, SEER 的计算公式可转化为下面的形式:

$$SEER = \frac{\sum_{j=1}^n q(t_j) \times h(t_j)}{\sum_{j=1}^n e(t_j) \times h(t_j)}$$

式中 $q(t_j)$ —— j 温区的空调器的除热量, W ;

$e(t_j)$ —— j 温区的空调器的输入功率, W ;

$h(t_j)$ —— j 温区的持续小时数, h 。

若对应于负荷率 $X(t_j)$ 的 $EER(t_j)$ 已知,上式也可以转化为:

$$SEER = \frac{\sum_{j=1}^n EER(t_j) \times h(t_j)}{\sum_{j=1}^n h(t_j)}$$

式中 $EER(t_j)$ —— j 温区的空调器的 EER 值。

因此,由负荷率出发,根据 VRV 家用中央空调器的性能参数^[6],以及东京、台北、上海三地的气候参数,对 VRV 家用中央变转速空调器的 SEER 进行模拟计算。

3 东京、台北、上海三地供冷季节 SEER 模拟计算

日本东京地区夏季供冷期间温区划分及其发生时间比率见图 1, 统计原则为: 日本夏季供冷期间为 6 月至 9 月, 各温区发生时间的统计是以每天 8 点至 21 点计算。

中国台北地区夏季供冷期间温区划分及其发生时间比率见图 2, 统计原则为: 台北地区夏季供冷期间为 4 月 6 日至 11 月 25 日, 各室外气温发生时间的统计是以每天 24 小时计算。

上海地区全年工作日室外气温发生时间统计^[7]见图 3。统计原则为: 上海地区全年工作日(除节假日)为统计对象, 各室外温度发生时间的统计是以每天 8 点至 18 点计算。

利用 VRV 变转速空调器的性能参数, 根据上海、台北、东京三地的气象资料, 算得三地的 SEER 值见表 1。

表 1 上海、台北、东京三地 SEER 值

地区	东京	台北	上海
SEER	5.50	5.16	4.98
SEER ^[9]	5.65	5.46	5.34

注: 文献[9]的负荷率为 0 的室外温度基准是 15℃, 本文是 18℃。

4 东京、台北、上海三地 SEER 计算值分析

由表 1 可以看出, 东京地区的 SEER 值最高, 台北其次, 上海最低。为了比较负荷率为 0 时室外温度基准对 SEER 的影响, 对比文献[9]的结果, 知道基准温度降低, SEER 增大, 这是空调器更多工作在低冷凝温度的原因。

表 2 上海、台北、东京夏季室外温度时间累计比值^[8]

温度 t(℃)	24	25	26	27	28	29	30	31
时间 东京	13.4	15.1	15	14.3	11.6	8.99	7.38	6.26
比值 台北	10	13.9	15.2	13.1	12.3	8.57	6.36	5.93
% 上海	20		18		22.8		20	
温度 t(℃)	32	33	34	35	36	37	38	
时间 东京	4.05	2.12	1.12	0.44	0.12	0.06	0.01	
比值 台北	5.12	5.63	2.89	0.76	0.23			
% 上海	11.7		6.15		1.23			

由表 2 及图 3、4、5 可以看出, 东京地区的室外温度的高峰值在 24~28℃ 的范围内, 发生几率占 69.4%, 而且峰顶圆弧变化平缓, 整根曲线坡度平缓, 变化流畅; 台北地区的室外温度的高峰值在 25~28℃ 的范围内, 峰顶圆弧较东京地区高, 而且在 24~28℃ 的范围内发生几率占 64.5%, 小于东京地区, 且曲线变化不流畅, 在 31~36℃ 的范围内时间

百分比明显高于东京地区(东京地区为 14.11%, 台北地区为 20.56%); 上海地区的室外温度的高峰值出现在 26~31℃ 范围内, 其峰值的出现明显落后于东京和台北地区, 其发生几率约占 60.8%。因此, 计算结果符合 VRV 空调器 EER 与室外温度变化的规律, 见图 6。由计算结果可以看出, 气候条件对变转速空调器的 SEER 值有一定的影响, 影响因素主要为各温区的累计发生时间。当温度比较低的温区累计时间所占比重大时, 其 SEER 值相应的就高, 相反, 当温度比较高的温区累计时间所占比重大时, 其 SEER 值相应的就低。因此, 合理的进行气候分区和在同一气候区的温区划分, 是准确计算变转速空调器 SEER 的关键。

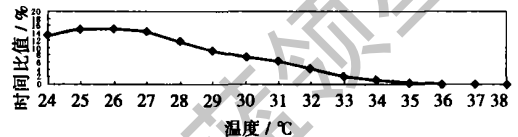


图 3 日本东京地区夏季室外温度时间累计比值

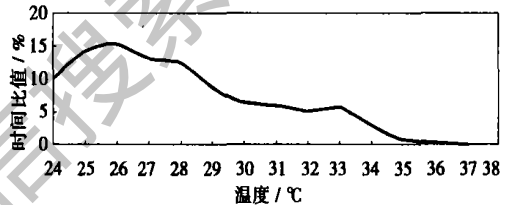


图 4 台北地区夏季室外温度时间累计比值

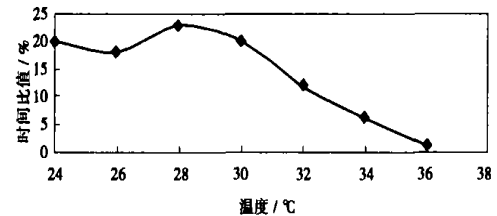


图 5 上海地区全年工作日室外温度时间累计比值

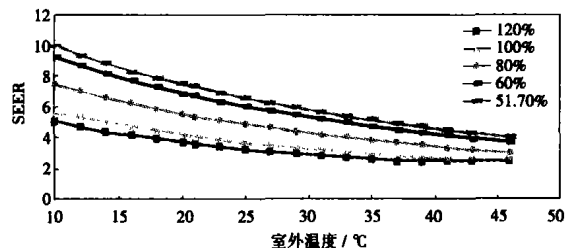


图 6 家用 VRV 空调器在不同冷负荷下的 EER 与室外温度的变化关系

5 结束语

季节能效比 SEER 是评价变频空调器综合节能效果的最佳方法之一, 其影响因素较多。况且变频

(下转第 53 页)

出的能耗的百分数。由图可见,除湿转轮处理湿负荷的能耗是表冷器处理湿负荷的 40% 以下,节能效果显著,在进口空气温度 30℃ 以下时,甚至只有 20% 左右。而且在 30℃ 以下时,湿度越大时,除湿转轮的优势更明显;但在 30℃ 以上时,湿度越大时,除湿转轮的优势减弱,因此,进口空气在高温高湿状态时,利用前置表冷器对新风进行预处理(除湿与降温),然后进入除湿转轮是比较理想的方案。

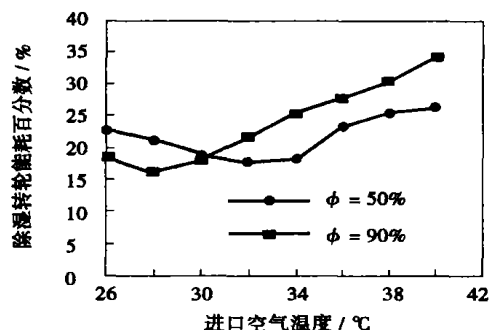


图 6 不同进口空气温湿度下除湿转轮的相对能耗

3 结论

基于“空调系统处于峰值负荷的时候,通常是太阳能处于最丰富的时候”这样一个自然事实来考虑太阳能应用于空调系统是一个新的设计理念。与太阳能的直接使用不同,因为太阳能辐射与时间有关,具有随机性与间歇性,当太阳能直接用于吸收、吸附式等制冷,则应考虑因无太阳能供应时,而必须应用蓄能技术^[7],或者使用电等其它辅助备用能源^[8]。

太阳能作为再生热源驱动除湿转轮辅助中央空调系统的设计方案主要目的—是“削峰”,二是节能。我们可得出如下结论:

(上接第 39 页)

空调的实际过程就比较复杂,如何抓住主要矛盾,如何找到适合我国现状,有利变频空调的健康发展,有利于用户正确选择的简单比较标准等等都有待于进一步研究和探索。本文采用日本东京地区和中国台北地区真实的温度带(温区)材料,以及 VRV 变转速空调器详细的性能参数数据,因此计算值具有很高的参考价值。

参考文献

[1] 陈文勇,朱瑞琪,吴业正. 变频空调的研究趋势[J]. 流体机械, 1998, 26(5): 47-49.
 [2] 钱大馨. 确定变频空调能耗效率的试验问题[J]. 家用电器科技, 2001, 8: 47-48.
 [3] 石文星, 颜岩, 彦启森. 变频空调器 SEER 的实验与

(1) 系统可以降低冷水机组设计负荷的要求,因此可实现“削峰”目的,并可以选择较少规模机组。

(2) 除湿转轮并不需要连续运行工作,因此在没有太阳能供应的时间区段内仍然有很强的适应性。

(3) 在运行过程中,机组的实际负荷波动幅度较小,节能效果较明显,运行可成本降低。

(4) 对比实验表明,除湿转轮处理湿负荷的能耗一般是表冷器处理湿负荷的 40% 以下,节能效果显著。

参考文献

[1] Omar M. Al- Rabghi, Mohammed H. Al- Beiruty. Estimation and measurement of electric energy consumption due to air conditioning cooling load[J]. Energy Conversion and Management, 1999, 40(14): 1527-1542.
 [2] 王疆. 全年使用的空调设计应兼顾冬夏两种工况[J]. 暖通空调, 2000, 2: 47-49.
 [3] 高立新. 空调系统的节能措施[J]. 节能技术, 2001, 19(6): 4-5.
 [4] 北京四季沐歌太阳能技术有限公司. 四季沐歌太阳能产品展示资料[R]. 2003, 4.
 [5] 丁云飞, 丁静, 杨晓西等. 除湿转轮处理冷却顶板空调系统的湿负荷[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2004, 32(3): 10-14.
 [6] 丁静, 杨晓西, 苏茂尧等. 吸附式空调系统的原理及添加剂强化吸附工质性能的研究[J]. 离子交换与吸附, 1998, 14(2): 167-170.
 [7] 张云坤, 刘东. 蓄能、热回收技术及其在空调工程中的应用[J]. 节能技术, 2003, 21(3): 28-30.
 [8] Luis H. Alva, Jorge E. Gonzalez. Simulation of an air-cooled solar-assisted absorption air conditioning system[J]. Journal of Solar Energy Engineering, 2002, 124(3): 276-282.

计算方法探讨[J]. 家用电器科技, 2000, 9: 51-54

[4] ANSI/ASHRAE 116-1983, Methods of Testing for Seasonal Efficiency of Unitary Air-Conditioners and Heat Pumps, 1983.
 [5] ARI Standard 210/240, Unitary Air-Conditioners and Air-Source Heat Pump Equipment, 1989.
 [6] 蒋能照, 张华主编. 家用中央空调实用技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
 [7] 胡欣, 龙惟定, 马九贤. CEC——一种有效的空调系统能耗评价方法[J]. 暖通空调, 1999, 29(3): 16-18.
 [8] 张乐法编著. 动态空调负荷计算及其 CAD 程序发展全史[M]. 台北: 图文复印社, 2001.
 [9] Wei Zhao, Zhang Hua. The calculation and evaluation of SEER of VRV Variable Speed Air Conditioning Units Editor: Prof. Chen Kangmin, Proceeding of ICEC 2003, Shanghai PRC.