

风冷热泵户式中央空调容量 与平衡点的优化选择

李从玖 代汝平
(华中科技大学环境科学与工程学院)

摘要 本文分析了影响风冷热泵选择的因素,提出了几种风冷热泵户式中央空调容量和平衡点选择的方法。

关键词 风冷热泵 户式中央空调 室外温度分布频率 平衡点 辅助加热量

VOLUME AND BALANCE POINT CHOOSING OF AIR-COOLED HEAT PUMP RESIDENTIAL CENTRAL AIR-CONDITIONER

LI Congjiu DAI Ruping

(College of Environment Science and Engineering, Huazhong University of Science and Technology)

ABSTRACT This paper analyses factors affecting the choosing of air-cooled heat pump and suggests several methods to choose heat pump and balance point.

KEY WORDS Air-cooled heat pump Residential central-conditioner Distribution frequency of outdoor temperature Balance point Supplementary heating load

1 前言

随着我国经济的发展和人民生活水平的提高,我国商住环境有很大改善,住宅面积不断扩大,小区、别墅数量的迅速增长,为风冷热泵户式中央空调提供了广泛的应用空间^[1]。据统计资料显示,2003年户式中央空调的市场份额约占12%,预计到2008年将占1/3的家用空调市场^[2]。在风冷热泵户式中央空调使用越来越广泛的同时,由于设备容量选择过大,导致初投资高、设备运行不经济、空调环境热舒适性差。本文就如何正确选择风冷热泵户式中央空调的问题展开探讨。

2 影响风冷热泵户式中央空调选择的因素

室外空气季节曲线和空气的焓值对于风冷热泵户式中央空调的优化选择是至关重要的。仅仅知道室外空气最低温度或者规范规定的冬季空气调节室外空气计算温度是不够的,还需要知道室外空气温度的分布频率,可能的话还要知道空气的焓值。随着室外温度的降低,风冷热泵的制热能力下降,图1给出了热泵制热性能系数COP和室外空

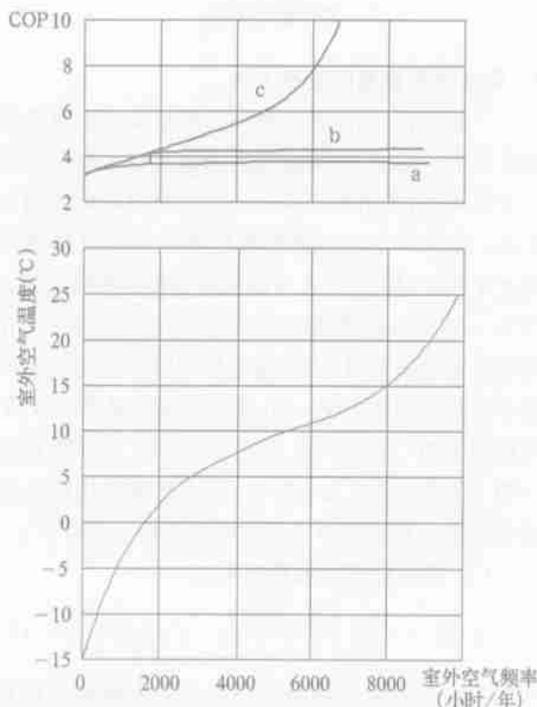


图1 热泵制热性能系数COP与室外空气频率的关系

(a 无输出调节的热泵; b 具有50%容量调节的热泵; c 具有100%容量调节的热泵)

气年分布频率的关系。当给定了室外供热计算温度后,热泵的选择十分重要。要注意在设备能够提供足够的热量的同时不会出现夏季制冷能力过剩的情况。如果热泵选择过大,不但增加了设备的初投资(图 2 是热泵名义制冷量与设备成本的关系),而且夏季空调除湿效果不好,影响室内热舒适性。为了确保热泵不至于过大,一定不能根据室外空气最低温度设计热泵的大小,而是应该基于一个较高的平衡点温度设计。由纯热泵运转,改为由辅助加热设备补充采暖时的转换点,称为平衡点^[3]。当外界空气温度低于平衡点温度时,热泵需要辅助加热。

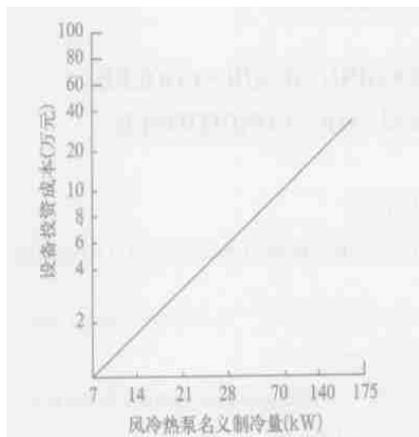


图 2 风冷热泵设备成本与名义制冷量的关系

3 风冷热泵容量的选择方法

一般而言,风冷热泵空调的容量取决于建筑物的冷负荷。然而,在某些地区当地机构可能会制定一个平衡点,此平衡点将决定热泵容量和负荷间的关系。如果一个地区没有制定平衡点而且供热时间大于制冷时间,那么可以在冷负荷的基础上加大 25%~35% 来选择热泵^[4]。当热泵选得过大时,存在着设备初投资高、安装费增加和夏季空调湿度控制不理想等问题。另一个方法是根据热泵的年平均性能系数(ANNUAL COP)或者季节性能系数(SPF)将我国分成几个区域,各个区域采用相应的选择方法。热泵的年平均性能系数按下式计算:

(1) 使用电辅助加热的系统

$$COP = \frac{(q_h + E_h)_{avf} T_f + (E_h)_{avd} T_d}{(E_{hp} + E_h)_{avf} T_f + (E_h)_{avd} T_d} \quad (1)$$

式中: q_h 为热泵制热能力(W); E_h 为辅助电加热输入功率(W); E_{hp} 为热泵输入功率(W); T_f 为结霜时间间隔; T_d 为除霜时间间隔; avf 为结霜时间

间隔平均值; avd 为除霜时间间隔平均值。

(2) 不使用电辅助加热的系统

$$COP = \frac{(q_{hp})_{avf} T_f}{(E_{hp})_{avf} T_f + (E_{hp})_{avd} T_d} \quad (2)$$

式中符号说明同式(1)。

热泵制热季节性能系数按下式计算:

$$SPF_h = \frac{\text{供热季节输出总的热量}}{\text{供热季节总的能耗的比值}} \\ = \frac{HPE + AE}{HPP + AP} \quad (3)$$

式中: HPE 供热季节热泵提供的热量(kW); AE 供热季节辅助电加热器提供的热量(kW); HPP 供热季节热泵消耗的能量(kWh); AP 供热季节辅助电加热器消耗的能量(kWh)。任何一个热泵都几乎不可能同时满足建筑物的供热和供冷需求。热-冷比例(heat-to-cool ratio)在整个国家的变化是很大的。在南方冷负荷大于热负荷,而在北方刚好相反。越往北方,如果以冷负荷为基础来选择热泵的话,很难选择到能同时满足供热需求的热泵。而且,热泵的制热能力随着室外温度的下降而降低,同时由于北方冬季空调设计温度要比南方低,供热的时间也要长,为了降低供热费用或者是确保供热量,容易导致热泵选择过大。根据 SPF 的选择原则,在 $SPF_h \geq 2.25$ 的区域,热泵按冷负荷大小选择;在 $SPF_h \leq 2$ 的区域,热泵容量选择要比冷负荷稍大。具体选择方法是:先计算冷负荷,计算系统总的冷负荷时应根据用户要求及使用性质考虑不同的使用系数,然后按照制冷能力最大不超过计算冷负荷 35% 的原则选择热泵。按照 SPF 选择热泵后,还需要确定出热泵的平衡点来计算冬季室外温度平衡点温度所需的辅助加热量。

4 平衡点的选择

4.1 作图法

当热泵按 SPF_h 选择后,以室外温度为变量做出建筑热负荷曲线和热泵制冷性能曲线,两者的交点就是平衡点,如图 3 所示。图 3 提供了一种用作图法确定热泵容量和辅助电加热设备的方法。此地区(武汉市)室外设计温度为 -5°C ^[5],以此设计温度计算的热负荷为 15.2 kW。如果热泵选择过大,夏季制冷时压缩机就会不断地启停,会影响压缩机的使用寿命同时还会导致除湿效果差。本例中,选择了一台功率为 10.4 kW 的热泵。根据热泵厂家的性能参数表,画出热泵的性能曲线。建筑

物热负荷曲线与热泵制热量曲线大约交于 9.4 kW, 由此得出此热泵的平衡点温度为 3 °C。从图中可以看出, 在冬季设计温度 -5 °C 时, 热泵制热量为 5.9 kW, 需要的辅助加热量为 9.3 kW, 此例中使用两个 5.0 kW 的电加热器。根据图 2 可以知道热泵加上第一个电加热器可以满足室外温度为 -2 °C 时的供热需求 13 kW (此温度热泵制热量约为 8 kW)。当第二个电加热器也投入使用, 则可以满足室外温度为 -5 °C 时建筑物供热需求。

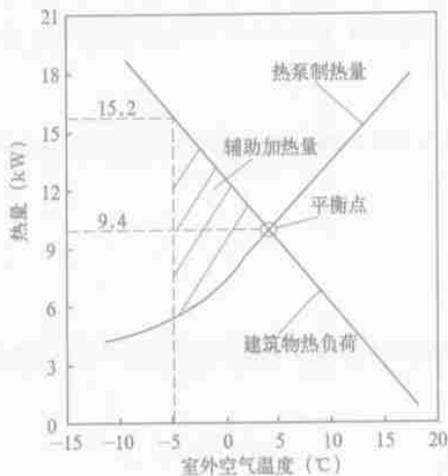


图3 风冷热泵选择示例

4.2 根据室外温度分布频率选择

平衡点的选择会影响热泵系统的经济性。图 1 虽然说明热泵 COP 取决于室外温度, 但是没有给出明确的经济性评价。因此, 室外温度分布频率和热泵 COP 大小在一年中的出现频率是十分重要的。根据室外空气分布频率选择一个合适的平衡点温度, 能优化热泵的经济性^[6]。根据图 1 室外空气分布频率, 如果选择平衡点温度为 -5 °C, 辅助加热只有当室外温度低于 -5 °C 时才开启。如果假定此平衡点的辅助加热负荷为 100%, 如图 4 中曲线 a 所示, 辅助加热设备一年中仅仅运行 100 小时, 这段时间的运行费用实际上可以忽略不计。当平衡点选择为 0 °C 时, 图 4 中曲线 b 所示, 辅助加热量为 165%, 一年中使用时间为 300 小时, 年能耗是平衡点为 -5 °C 年能耗的 5 倍。当平衡点温度为 +5 °C 时, 图 4 中曲线 c 所示, 辅助加热量为 220%, 年运行时间为 500 多小时, 年能耗是平衡点为 -5 °C 年能耗的 11 倍多。这三种设计中第二种设计的经济性最好。图 5 给出了一地区风冷热泵年运行费用与平衡点的关系^[4]。从图中可以看出

随着平衡点温度的升高, 年运行费用先是降低, 在某一平衡点温度达到最小接着增加。因此存在一优化的平衡点温度使热泵的经济性最优。总之, 只有在室外空气分布频率的基础上综合考虑设备初投资和运行费来选择热泵, 才会具有好的经济性。

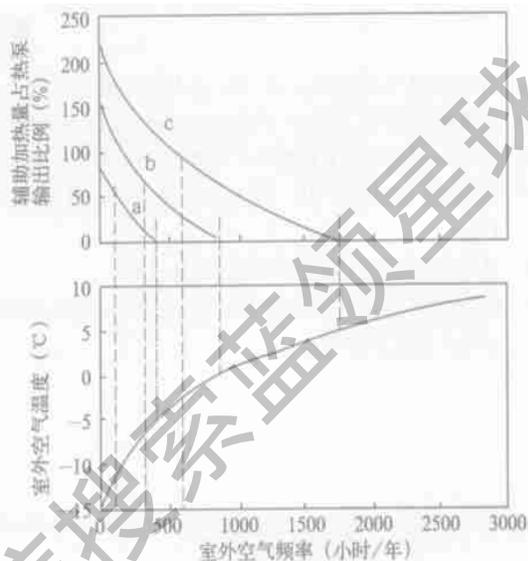


图4 平衡点与辅助加热量的关系

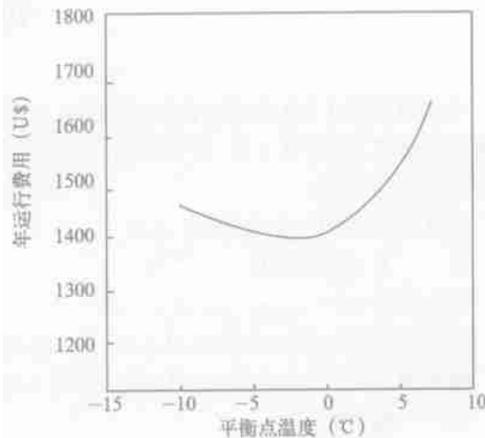


图5 年运行费用与平衡点的关系

(热泵名义制冷量为 14 kW)

5 结论与建议

风冷热泵户式中央空调的选择要遵循以下几个原则:

- (1) 要根据各个地区的气候情况, 热泵季节能效系数的大小, 采用与之相适合的选择方法;
- (2) 要根据用户的不同要求和性质来选择热泵;

(3) 热泵的选择要充分考虑设备的初投资、安装费和运行、维护费,即要充分考虑系统的经济性;由于我国还没有户式中央空调设计方面的相关规范,建议国家尽快制定。近二十年来,我国的

气候发生了较大变化,而相关气候参数资料是八十年代前的统计数据,气象统计数据的更新和完善刻不容缓。

参 考 文 献

- 1 陶丽. 户式中央空调——21 世纪人居新环境. 江苏工业学院学报, 第 15 卷第 3 期.
- 2 刘耀斌, 任守宇, 高晓宇. 户式中央空调发展方向的探讨. 制冷与空调, 2003, 3(5).
- 3 郑祖义. 热泵空调系统的设计与创新. 华中理工大学出版社, 1994 年.
- 4 HARRY J. SAUER, JR. RONALD H. HOWELL. HEAT PUMP SYSTEMS. published by Wiley—interscience P166 ~ 173.
- 5 暖通空调规范. 中国建筑工业出版社, 1996.
- 6 DR HANS LUDWIG von CUBE and PREFESSOR FRITZ STEIMLE. Heat Pump Technology. Butterworth & Co(publisher) Ltd 1981, P56 ~ 66.

征 订 通 知

本光盘收录了《制冷与空调》杂志 2001~2004 年全部论文内容,可以按照作者, 题目, 时间, 期数主题词索引进浏览, 查阅等工作, 可以帮助读者实现查阅相关资料, 复制, 保存等功能, 是制冷空调暖通行业专业人士的有力工具。

欢迎订阅: 010—83510099—623

传 真: 83560060

杂志网址: zldt.chinajournal.net.cn

杂志信箱: zldt@chinajournal.net.cn zldt@chinacraa.org

编辑部地址: 北京市宣武区广安门南街 6 号 广安大厦北楼 7 层

邮 编: 100053

联 系 人: 田小姐