

建筑凹槽中室外机安装条件对散热影响的实验研究

金梧凤¹, 郑亚飞¹, 蒋悦波², 白贤三³

(1.天津商业大学天津市制冷技术重点实验室, 天津 300134; 2.浙江清华长三角研究院, 浙江 杭州 310012; 3.乐金电子(天津)有限公司, 天津 300400)

摘要:以焓差实验室为平台, 以建筑凹槽内某型号室外机为研究对象, 通过实验研究分体式空调室外机在不同安装位置 and 不同凹槽封闭百叶形式下的周围热环境及空调器的 EER. 实验结果表明: 该型号室外机和墙体之间的间距应大于 80 mm, 随着两者间距的增大, 空调器的散热量、制冷量和 EER 也随之升高; 室外机排风扇距百叶 300 mm 左右时, 系统运行状况最佳; 百叶开度为 30° 左右时, 空调散热效果最好, 同时随着百叶间距的增大, 空调散热效果增强.

关键词: 室外机; 安装位置; 百叶形式; 室外机周围热环境

中图分类号: TU831

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2015)02-0282-05

Experimental study on the effect of the outdoor unit installation conditions on the heat dissipation in the building groove

JIN Wufeng¹, ZHENG Yafei¹, JIANG Yuebo², BAI Xiansan³

(1.Tianjin University of Commerce, Tianjin Key Laboratory of refrigeration technology, Tianjin 300134, China; 2.Zhejiang Institute of Tsinghua University, Hangzhou 310012, China; 3.LG Electronics (Tianjin) Co. Ltd., Tianjin 300400, China)

Abstract: This study was based on the enthalpy difference lab, with a certain type of outdoor machine in the building groove as the research object, through the experimental study the thermal environment surrounding outdoor machine and the EER in different locations and the different louver form in the groove. The experimental results show that the distance between the certain type of outdoor machine and the wall should be more than 80 mm, with the increase of the distance, quantity of heat, air conditioner refrigerating capacity and EER was increased. When the outdoor machine fan from the shutter is about 300 mm, the running condition of the system is best. When the shutter opening is 30°, the cooling effect air conditioning is best. At the same time with the increase of the louver spacing, the heat dissipation air conditioning is greatly enhanced.

Key words: outdoor unit; installation location; louvers form; outdoor unit surrounding thermal environment

在现有的建筑中, 分体式空调室外机常被直接安装在建筑外立面上, 用支架进行支撑, 这样的摆放不利于建筑外立面的美观性, 同时也会带来安全隐患. 为了克服以上缺陷, 建筑设计师把空调室外机位摆放至凹槽内, 并采用百叶等构件进行遮蔽, 如图 1 所示, 在这种情况下, 空调室外机的散热效果取决于室外机和墙体、室外机距百叶之间的距离以及百叶的形式.

目前, 国内外学者针对室外机的周围热环境进行了大量的相关研究. 周德海等人^[1]针对室外风速、温度等影响因素对凹槽内室外机周围热环境进行了数值模拟分析, 指出室外风速对室外机散热影响较大, 室外温度影响较小. 展圣杰对凹槽的高度、宽度、进深进行实验、模拟研究, 指出凹槽的进深宜大于 90 cm, 宽度应大于 220 cm, 高度大于 70 cm^[2]. T.T.Chow^[3-5]等人对放置在建筑凹槽内的室外机的散热情况进行了数值模拟分析, 以 COP 的平均下降值分析了多台室外机的散热情况. CAC

Laboratory, LG Electronics^[6]等用数值方法分析了室外机距墙体最优位置比, 同时分析了最坏的情况. 韩国汉阳大学的 Seok-Ho Choi 等人^[7]针对建筑凹槽内六种不同的室外机布置方式, 通过数值模拟和数学计算研究了室外自然风从正面吹、侧面吹和无室外自然风三种情况下冷凝器的进风温度及室外机的 COP 值和 CGPI 值, 研究表明室外自然风从正面吹使得室外机风扇吹出的气流上升, 导致热空气进入上层设备, 影响上层空调设备散热. 美的公司的程卓明^[8]用实验和模拟的方法分析了百叶安装开度对夏季空调运行的影响, 发现百叶开度为 45° 时, 室外机冷凝器的进风温度达到 35.9~38.3℃.

可以看出, 目前关于凹槽内室外机周围热环境的研究大多集中在数值模拟上, 侧重于室外环境对空调性能的影响, 实验研究方面对凹槽的大小、百叶开度进行了研究, 两者都没对凹槽内室外机最佳安装位置和凹槽最佳百叶开度进行研究. 本文以凹槽内某型号室外机为研究对象, 改变室外机在凹槽

内的位置及凹槽的百叶角度,对室外机的进出口温度、散热量及 EER 并进行了研究分析,本研究成果为凹槽内室外机的通用安装条件研究提供研究方法和基础依据。

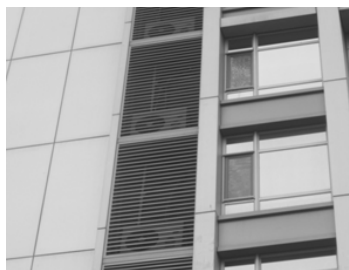


图1 凹槽内室外机摆放形式

Fig.1. The form of the outdoor unit placed in the groove

1 实验原理与装置

1.1 实验原理

GB/T7725-2004^[9]标准规定,有两种空调器性能测试方法:①为平衡环境型房间量热计法;②为空调器焓差法。其中,焓差法测试精度较高,能测试房间空调器的制冷能力和制热能力,另外,还可以针对房间空调器季节节能能效比测定间歇启停状态下空调器的制冷量和输入功率,因此,本次实验采用焓差法测量热泵型空调器的制冷性能。空气焓差法测试方法包括:室外机出风外接风管法、出风采样法、出风多点测试法和室内机空气焓差法。本文中采用室外机出风多点测试法进行实验,即直接测试室外机的进、排风口位置的多点风速、风温,计算室外机的散热量;测量压缩机的功率,两者之差为该空调的制冷量。如图2所示,左边为室内侧测试房间,右侧为室外侧测试房间,在做实验过程中,把室外机放置在室外侧房间,室内机放置在室内侧房间。

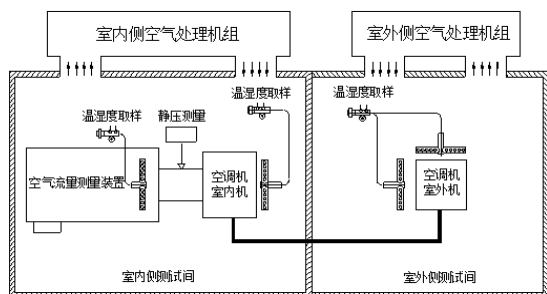


图2 焓差室原理图

Fig.2 Schematic diagram of the enthalpy different laboratory

室外机散热量及空调器制冷量以及能效比可以用下式表示:

$$Q_0 = cm(t_c - t_i) \quad (1)$$

$$Q_a = Q_0 - P_E \quad (2)$$

$$EER = Q_a / P_E \quad (3)$$

式中: Q_0 室外机散热量, W; t_c 为出口温度, $^{\circ}\text{C}$; t_i 为进口温度, $^{\circ}\text{C}$; c 为空气比热容, $\text{J/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$; m 为质量流量, kg/s ; Q_a 为室外机制冷量, W; P_E 为压缩机输入功率, W; EER 为制冷性能系数, W/W .

1.2 实验装置及实验方法

为了得到可控制的室内侧和室外侧环境,本实验选择在天津商业大学焓差实验室进行,图3为焓差实验室照片,其中包括分别模拟室内环境和室外环境的模拟小室,这两个小室相邻且壁面为保温墙;焓差室包括两套用于室内侧和室外侧小室的制冷系统和空气处理系统,以及自身的控制系统和数据采集设备。实验中通过调节焓差实验室的各个系统将室内侧小室和室外侧小室调整至所需状态。



图3 焓差实验室

Fig.3 The enthalpy difference lab

实验装置中包括室外机、凹槽和温湿度传感器,热点耦测点在凹槽内,通过数据采集装置连接至室外计算机中,对实验进行记录。本实验使用厚度为 5 mm 的三合板代替凹槽结构,封闭百叶采用角度可调、百叶间距分别为 50 mm、100 mm 的两种铝合金百叶,其尺寸为 1400 mm×1100 mm,百叶叶片宽度为 50 mm。实验中选用的空调器室外机的型号为 LS-83541AT,尺寸为 0.72 m×0.23 m×0.483 m(长×宽×高),制冷量为 3 500 W,最大输入功率 1 850 W。

实验开始前,室外环境温度设为 35 $^{\circ}\text{C}$,室内机设定温度为 18 $^{\circ}\text{C}$,焓差室室内侧和室外侧模拟房间工况达到稳定以后开启实验空调器,待其运行 15 min 后记录实验数据。采用多点风速仪测量风速, T 型热电偶进行温度测量,采用功率表测得输入功率,结合以上装置测得的数据,进而得出室外机在不同安装条件工况下的制冷量及 EER 变化。

1.3 实验工况

在进行实验工作之前,进行了相关的数值模拟和资料分析^[10-13],因为实验采用的是典型的家用分体式空调,冷凝器形状为 L 型,因此室外机有两侧进风口,图4所示左侧和上侧为进风口, a 点为

出风口测点, b 和 c 点为进风口测点, d 点为凹槽内室外机周围环境温度测点. 图 5 为百叶形式, 上面已经说明, 这里不再赘述.

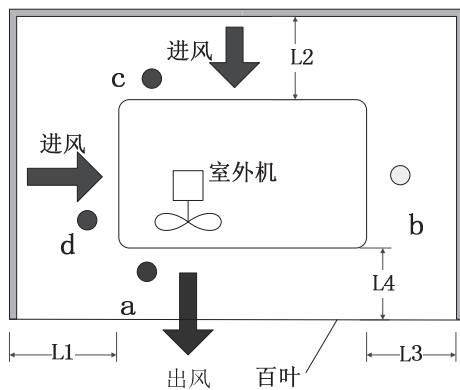


图 4 凹槽内室外机安装位置

Fig.4 Outdoor unit installation position in the groove

根据以上分析, 制定实验工况表, 见表 1.

1.4 研究范围

本实验针对某一型号的分体式空调室外机进行研究, 其容量和外形尺寸前面已经给出. 因为空调厂家众多, 生产的空调器类型也相对较多, 而且不同型号的空调器性能参数和室外机尺寸不同, 并且室外机的散热强度也是不同的, 本研究的范围限于 2.2 中描述的某型号室外机凹槽内安装条件对其冷凝器散热影响的研究, 但其研究成果可为凹槽内室外机的通用安装条件的研究提供研究方法以及基础性研究依据.

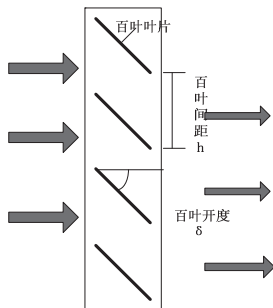


图 5 百叶形式

Fig.5 Louver form

表 1 实验工况

Tab.1 Experimental conditions

实验 工况	室外机安装方式				百叶形式	
	L1/mm	L2/mm	L3/mm	L4/mm	百叶 开度/°	百叶 间距/mm
A1	80	80	200	100	30	50
A2	100	100	200	100	30	50
A3	200	200	200	100	30	50
A4	300	300	200	100	30	50
A5	100	100	200	300/500	30	50
A6	100	100	200	100	0/30/40	50
A7	100	100	200	100	0/30/40	100

2 实验结果分析

2.1 室外机距墙距离的影响

首先研究不同室外机距墙位置对室外机周围热环境的影响, 具体实验工况如表 1 中 A1-A4 所示.

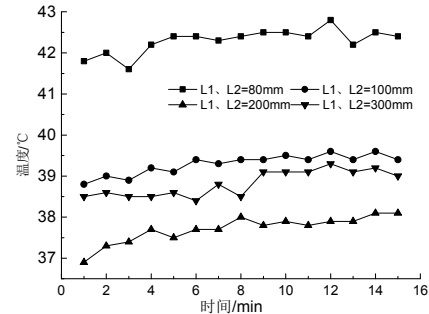


图 6 室外机与墙的距离不同时室外机的进风温度

Fig.6 Inlet temperature of outdoor unit of different distance from the wall to the condenser

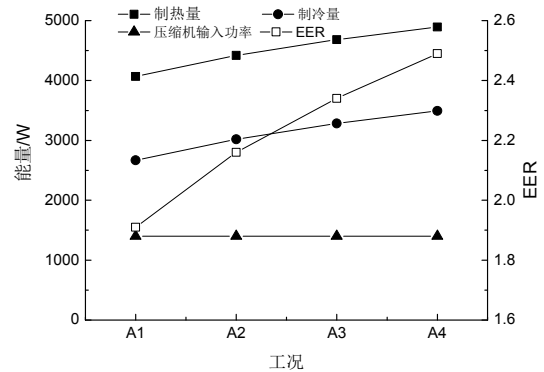


图 7 冷凝器与墙的距离不同时的散热量、制冷量、压缩机输入功率以及 EER

Fig.7 Heat dissipating capacity, outdoor unit refrigerating capacity and the input power of the compressor and EER under various conditions

图 6 是对比工况 A1、A2、A3 和 A4 情况下室外机进口平均温度随时间变化的趋势图. 可以看出, 随着室外机距墙距离的增大, 室外机进风温度显著减小, 当 $L1$ 、 $L2=80$ mm 时, 室外机进口平均温度为 42.3°C ; 当增大至 100 mm、200 mm、300 mm 时, 室外机进口平均温度分别为 39.3°C 、 38.3°C 、 37.2°C , 从 80 mm 至 100 mm 时变化比较明显. 从图 7 中可以看出随着间距的增大, 散热量和制冷量也随之增大, 当冷凝器距墙距离为 300 mm 时, 散热量和制冷量分别比距离为 80 mm 时增大了 20.2% 和 30.8%, EER 增大了 30.4%, 这种情况下室外机散热最好.

这是因为当室外机距墙的距离增大时, 室外机的回风空间随之增大, 室外空气可以顺利的进入并与冷凝器进行热交换, 因此散热效果得以优化; 最

高温在间距最小时,最低温度出现在间距最大时,而且当间距达到 100 mm 及以上时,温度变化幅度减小,这是因为当间距很小时,室外机的回风空间小,进口气流流动受到阻碍,导致进风口的温度最大,而随着间距的增大,并达到一定距离时,回风空间增大,进口空气流通顺畅,能有效吸入室外空气,以致进风口温度减小幅度变小。

从以上分析结果可知,当室外机与墙的间距大于 80 mm 时,温度变化幅度减小,制冷量和散热量变化趋势减缓,因此从上述分析结果建议室外机距墙距离应大于 80 mm。

2.2 室外机距百叶距离的影响

下面研究室外机与百叶之间距离对室外机周围热环境的影响,A2、A5 为实验工况。

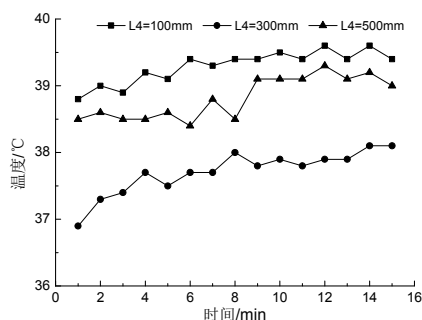


图8 室外机与百叶距离不同时室外机的进风温度

Fig.8 Inlet temperature of outdoor unit of different distance from the wall to the louver

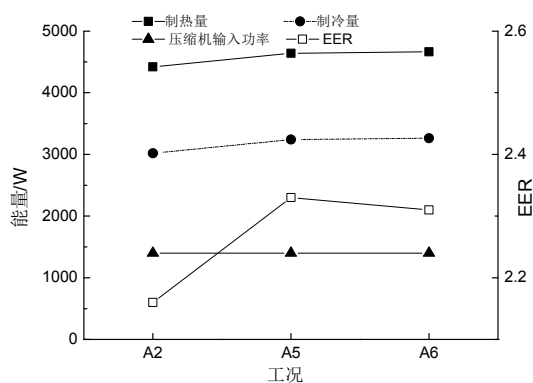


图9 室外机与百叶距离不同时的散热量、制冷量、压缩机输入功率以及 EER

Fig.9 Heat dissipating capacity, outdoor unit refrigerating capacity and the input power of the compressor and EER under various conditions

图8为对比工况A2和A5下室外机平均进风温度随时间变化的均势图,从图中可以看出,当间距为 300 mm 时,进风温度最低,平均温度为 37.7℃,间距为 100 mm 最大,平均温度为 39.3℃,间距为 500 mm 时,平均温度为 38.3℃。从图9中可以看

出,EER 先升高再减小,出风口距百叶为 300 mm 时EER比出风口距百叶为 100 mm 时增大了 7.8%;而散热量和制冷量则呈现先增大后平缓的趋势,即出风口距百叶为 300 mm 时和出风口距百叶为 500 mm 时,散热量和制冷量差别很小,可视为无变化。

这是因为随着风扇距百叶距离的增大,通风空间随之增大,因此室外机散热效果变好,EER 增大,但是当风扇与百叶之间的距离超过某一限值时,由于室外机出风静压有限,室外机排出的热气流不能够完全排出凹槽,甚至会直接进入冷凝器造成“气流短路”现象,造成室外机的进风温度又呈现升高的趋势,所以会出现 EER 降低的现象。

从上述分析可以得出室外机与百叶之间则存在最佳距离,即在 300 mm 左右时室外机散热效果最好,EER 最高。

2.3 百叶形式的影响

为了维持建筑外立面的整齐,室外机常被安装在凹槽内并以百叶进行遮蔽,因此百叶形式对室外机周围的热环境同样起着至关重要的作用。具体实验工况如 A6 和 A7 所示。

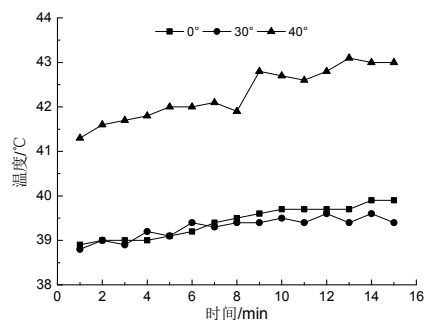


图10 不同百叶开度下室外机的进风温度

Fig.10 Inlet temperature of outdoor unit of different louver angle

图10为不同百叶开度下室外机进风温度随时间的变化趋势图,从图中可以看出,当百叶开度为 40° 时,室外机进风温度最大,平均温度为 42.3℃,百叶开度为 0° 和 30° 时分别为 39.4℃ 和 39.3℃。从图11中可以看出,散热量和制冷量随着百叶开度的增大,呈现先升高后降低的趋势,即百叶开度为 30° 时空运行状况最好,同时随着百叶开度的增大,EER 也呈现先增大后降低的趋势,30° 时比 0° 和 40° 时 EER 分别增大 0.9% 和 6.9%。百叶间距为 100 mm 时室外机进风温度、散热量、制冷量和 EER 的变化规律与 50 mm 时类似,故不做详细说明。

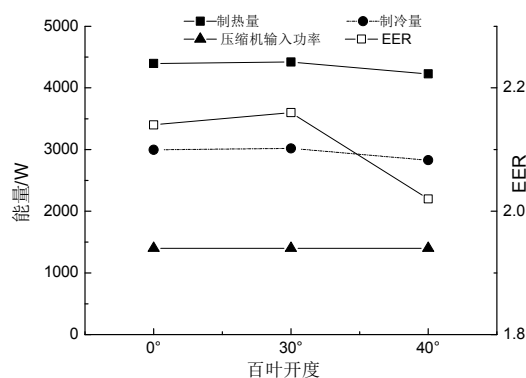


图 11 不同百叶开度下的散热量、制冷量、压缩机输入功率和 EER

Fig.11 Heat dissipating capacity, outdoor unit refrigerating capacity and the input power of the compressor and EER under different lover angle

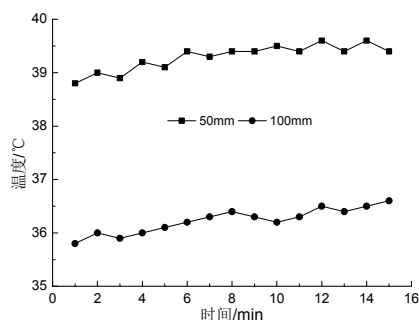


图 12 不同百叶间距下室外机的进风温度

Fig.12 Inlet temperature of outdoor unit of different louvre space

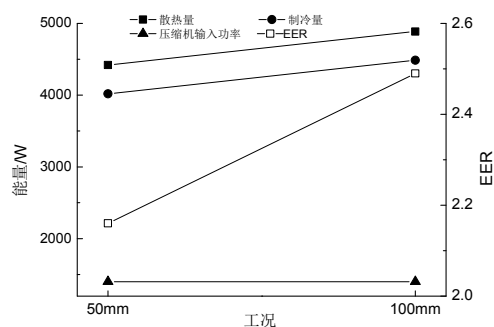


图 13 不同百叶间距下的散热量、制冷量、压缩机输入功率和 EER

Fig.13 Heat dissipating capacity, outdoor unit refrigerating capacity and the input power of the compressor and EER under different lover space

研究不同百叶间距对室外机周围热环境的影响,图 12 和 13 所示为百叶开度为 30° 时的不同百叶间距下室外机的进风温度、散热量、制冷量和 EER,从图中可以看出百叶间距为 50 mm 时室外机的进风温度远大于间距为 100 mm 时的进风温度,即随着百叶间距的增大,室外机进风温度显著降低,

散热量、制冷量和 EER 也随之升高,其中 EER 约上升 15.3%。百叶角度为 0° 和 40° 时各参数的变化规律相似,在此不做赘述。

以上种工况下导致的不同散热量及制冷量是因为室外机排出的热风需要经过百叶排放到大气中,如果百叶开度过大,排出的热风将与百叶进行碰撞,使得排风能量减小,造成部分热气流堵塞在凹槽内,甚至发生回流现象,影响室外机散热;而百叶间距的增大则会使排风空间变大,室外机的通风状况得到改善,进而使得空调系统的运行状况得以优化。

从上述分析结果可以得出,当百叶开度设为 30° 左右时散热效果最好,同时在选择百叶时,百叶间距满足美观要求的前提下越大越好。

3 结论

本文针对某一型号家用分体式空调室外机,以其在凹槽内的周围热环境为切入点,对影响其周围热环境的安装位置及百叶形式进行分析,得出了以下结论:

(1)室外机与墙之间距离越大,室外机散热效果越好,能效比越高,结合凹槽占用面积,建议室外机距墙距离应大于 80 mm;

(2)风扇与百叶之间则存在最佳距离,即在 300 mm 左右时室外机的散热效果最好, EER 最高。

(3)当百叶间距一定时,存在着最佳百叶角度,即 30° 左右时空调能效比最高;随着百叶间距的增大,室外机的散热量、制冷量和能效比也随之增大,因此建议住宅用空调系统在不影响建筑外立面美观性的前提下,尽量增大百叶的间距,并使百叶角度维持在 30° 左右。

参考文献 References

- [1] 周德海,邵晓亮,张晓灵,等.建筑凹槽中室外机周围热环境的数值模拟[J].广州大学学报:自然科学版,2010,9(6):17-22.
ZHOU Dehai, SHAO Xiaoliang, ZHANG Xiaoling, et al. Numerical simulation of the thermal environment around buildings groove in the outdoor machine[J]. Journal of Guangzhou University: NATURAL SCIENCE EDITION, 2010, 9(6): 17-22.
- [2] 展圣杰.民用分体式空调室外机安装条件对散热影响的研究[D].杭州:浙江大学,2012.
ZHAN Shengjie. Study on civil outdoor unit of split type air conditioner affected by installation conditions on thermal effect[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2012.