

文章编号:1673-9469(2008)02-0032-04

带热水供应的家用空调器运行特性研究

高彦兵¹, 张伟捷¹, 徐茂程²

(1. 河北工程大学 城建学院, 河北 邯郸 056038; 2. 烟台市莱山区建设局, 山东 烟台 264003)

摘要:针对家用空调的特点,提出了对家用空调冷凝热进行回收利用的观点,利用热回收系统加热生活用水,并建立了一种新型的带热水供应的家用空调试验系统。通过该试验系统各测点的试验数据,对该设备在空冷运行模式和水冷热回收运行模式两种情况下的运行特性作了相应的分析,给出了一些重要参数的实验结果,并分析讨论了在热回收时水温变化对系统的影响。结果表明,制冷和制热同时协调运行时,不仅不影响机组原有的性能,并且在制冷和提供生活热水的同时,提高了系统的总能效比,达到节能环保的目的。

关键词:热水供应;空调器;空冷;循环水冷;节能

中图分类号: TU831

文献标识码: A

Research on the operational characteristics of household air - conditioner with domestic hot water supply

GAO Yan-bing¹, ZHANG Wei-jie¹, XU Mao-cheng²

(1. Institute of Urban Construction, Hebei University of Engineering, Handan 056038, China; 2. Shandong Yantai Laishan Borough Municipal Public Utilities Place of Construction Bureau, Yantai 264003, China)

Abstract: The viewpoint of condenser heat recovery and reuse is proposed by according to the technical characteristics of household air - conditioning system. The heat recovery system can be widely used for domestic hot water supply. A household air conditioner with domestic hot water supply (HACDHWS) system is set up in our laboratory. The HACDHWS system can work in air cooling operation mode and in circulating water cooling operation mode. Experimental data are shown. Corresponding analysis and comparisons of the operational characteristics between the two modes are given in this paper. Some main parameters results are presented and the impacts of variation in water temperature on the HACDHWS system performances are discussed in this paper. The result shows that the original performances of the household air - conditioning system is not obvious affected and the EERC + w of the HACDHWS system is improved as long as the temperature of domestic hot water supply in water tank for storing heat is properly controlled.

Key words: household air - conditioner; hot water supply; air cooling condenser; circulating water cooling condenser; energy efficiency

节能已成为世界关心的问题。在中国,家用空调拥有率以惊人的速度增长,其能耗亦迅速增长。同时,人们对生活热水的需求越来越大,其一次能耗也越来越大。据估计,发达国家热水供应的能耗将成为继室内供暖空调之后的第二大能

耗^[1],在美国,热水器能耗占居住总能耗的17%^[2],今后还将有继续上升的势头。

家用空调系统总有相当多的冷凝热直接排入大气,造成较大的能源浪费,并且存在对周围环境的热污染。从节能角度看,对于居住建筑来说,建筑物又需要大量的生活热水供应,如果能将冷凝

收稿日期:2008-01-14

作者简介:高彦兵(1980-),男,河北元氏人,硕士,研究生,从事供热、供燃气、通风及空调工程方面的研究。

热全部或部分回收用来加热生活热水,不但可以减少冷凝热对环境造成的污染,而且还可以节省能源。常规的风冷式家用空调系统由于冷凝温度较高,故通过对风冷式家用空调系统合理改装,形成带热水供应的家用空调系统就可以实现这一功能,并且可以得到较高的回收水温,因此,它的应用较广。

本文对河北工程大学一个带热水供应的家用空调实验系统进行实验研究,对该设备在空冷运行模式和水冷热回收运行模式两种情况下的运行特性作了相应的分析。

1 实验系统介绍

1.1 系统概述

带热水供应的家用空调实验系统由风冷热泵系统和热回收系统组成。夏季使用时,机组制冷系统在向房间提供冷量的同时,热回收系统利用水冷冷凝器排出的热量加热生活热水。机组总能效比可达5.0以上。其工作原理与常规的制冷原理相同。在风冷热泵的基础上增加一热回收换热器(板式换热器),通过自动或手动的控制,可根据设定蓄水箱的水温进行不同运行模式的转换。

热回收包括部分热回收和全部热回收。部分热回收指部分利用冷媒的冷凝热来加热生活用水,水温高于冷凝温度。全部热回收指冷媒过热蒸汽冷却、冷凝、和过冷,冷凝热全部回收加热生活用水,水温低于冷凝温度。在实际工程应用中,由于水系统管路及储能水箱保温效果差将导致一

定程度的温降,舒适性较差。而提高生活用水水温可以采取以下措施,如果生活用水热负荷小于空调侧热负荷,则采取部分热回收来制取生活用水,压缩机的排气温度可高达 $65\sim 90^{\circ}\text{C}$,这时生活用水出水高达 $55\sim 65^{\circ}\text{C}$,如果生活用水热负荷与空调侧热负荷相当,则采取全部热回收来制取生活用水,一般情况下,风冷热泵机组的冷凝温度为 $50\sim 55^{\circ}\text{C}$,生活用水水温可达 $45\sim 50^{\circ}\text{C}$ 。

1.2 样机试制

带热水供应的家用空调实验系统原理如图1所示,初投资少,可靠性强,易于控制且能够全年运行。在夏季空调工况运行时,回收部分冷凝热量来提供全部或部分的生活热水供应所需的热量。该实验系统为某品牌的家用空调(压缩机额定输入功率为1550W)合理改装而成,该系统有数据自动采集和记录功能,并设有自动控制系统。与以往已建成的实验系统相比,功能和运行模式多,且易于切换与组合运行。在夏季制冷的同时制备生活热水,并可实现四种运行模式:(a)单独风冷运行模式;(b)单独水冷运行模式;(c)水冷+风冷并联运行模式;(d)水冷+风冷串联运行模式。本文主要对模式(a)和模式(b)进行实验研究。

1.3 测试点的布置

因采集数据的需要,该实验系统设有温度测点、压力测点、功率测点、流量测点和湿度测点。温度测点包括室外温度、室内蒸发器进(出)风口温度、水冷冷凝器进(出)水温度、蓄热水箱上(下)

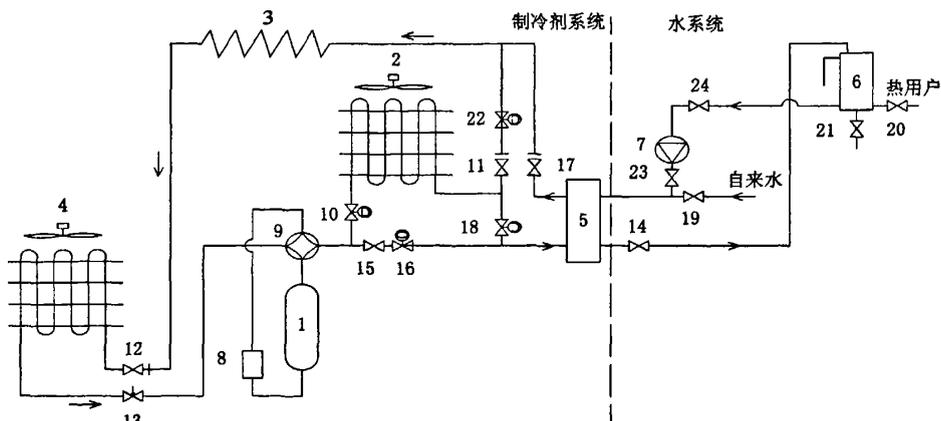


图1 家用空调冷凝热回收实验系统

Fig.1 Schematic diagram of the HACDHS experimental system

部温度、电子膨胀阀前制冷剂温度、蒸发器制冷剂进(出)口温度、水冷冷凝器制冷剂进(出)口温度和压缩机出口制冷剂温度共 13 个点;湿度测点包括室内蒸发器进(出)风口湿度共 2 个;压力测点包括蒸发器制冷剂进(出)口压力、水冷冷凝器制冷剂进(出)口压力、压缩机出口制冷剂压力共 5 个;系统输入电功率测点 1 个;水冷换热器循环水流量测点 1 个。各测点信号被采集并输送到电脑(工控机)显示,可以实时数据观察;也可以在电脑发出指令,被传送到执行机构实现自动控制。

2 实验研究

在夏季典型日,室内温度为 27℃ 条件下分别进行了模式(a)单独风冷运行模式,模式(b)单独水冷热回收运行模式的实验研究。

2.1 空冷时系统测试

在模式(a)下,电磁阀 16 和 18 关闭,电磁阀 10 和 22 开启,这种运行模式和常规空调系统的制冷方式是相同的。制冷剂系统的流程是:压缩机 1→四通换向阀 9→电磁阀 10→风冷冷凝器 2→冷媒截止阀 11→电磁阀 22→毛细管 3→冷媒截止阀 12→蒸发器 4→冷媒截止阀 13→四通换向阀 9→气液分离器 8→压缩机 1→…。实验数据为某夏季典型日,从 14:30 到 15:40, $M1 = 0.156 \text{ kg/s}$ ($468 \text{ m}^3/\text{h}$)。

在模式(a)下主要计算公式如下:

$$\Phi_0 = m_1(h_1 - h_2) \quad (1)$$

$$EERc = \Phi_0 / N \quad (2)$$

$$\Phi_k = \Phi_0 + N \quad (3)$$

式中 Φ_0 - 制冷量(W); m_1 - 蒸发器送风口风速(kg/s); h_1 - 进入蒸发器侧空气的焓(J/kg 干空气); h_2 - 离开蒸发器侧空气的焓(J/kg 干空气); N - 输入电功率(W); Φ_k - 冷凝器排热量(W); $EERc$ - 制冷能效比; Φ_k - 冷凝热回收量(W)。

2.2 水冷时系统测试

在模式(b)下,电磁阀 10、18、22 关闭,电磁阀 16 开启。制冷剂系统的流程是:压缩机 1→四通换向阀 9→流量调节阀 15→电磁阀 16→水冷冷凝器 5→冷媒截止阀 17→毛细管 3→冷媒截止阀 12→蒸发器 4→冷媒截止阀 13→四通换向阀 9→气液分离器 8→压缩机 1→…。循环式水系统流程

为:热水循环泵 7→流量调节阀 23→水冷冷凝器 5→流量调节阀 14→蓄水箱 6→流量调节阀 24→热水循环泵 7→…。实验数据为某夏季典型日,从 11:20 到 15:20, $M2 = 0.092 \text{ kg/s}$ (0.33 t/h)。

在模式(b)下主要计算公式如下:

$$\Phi_0 = m_1(h_1 - h_2) \quad (1)$$

$$EERc = \Phi_0 / N \quad (2)$$

$$\Phi_k = \Phi_0 + N \quad (3)$$

$$\Phi_{kr} = c_w m_2(T_2 - T_1) \quad (4)$$

$$EERc + w = (\Phi_0 + \Phi_{kr}) / N \quad (5)$$

式中 Φ_{kr} - 冷凝热回收量(W); c_w - 水的定压比热($4187 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$); $EERc + w$ - 系统总能效比。

3 试验结果与分析

本文省略了模式(a)风冷运行时实验数据和模式(b)水冷热回收运行时实验结果数据。下面对模式(a)和模式(b)的数据进行分析。

3.1 能效比的变化

模式(a)系统能效比如图 2 所示,在系统运行期间, $EERc$ 基本上不变化,稳定在 2.80 左右,制冷系统处于稳态运行。

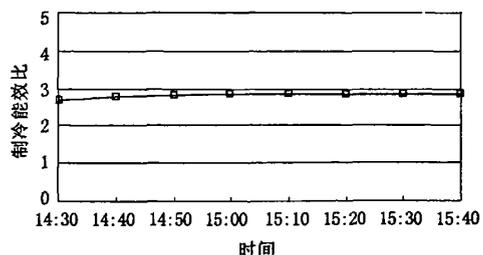


图2 模式(a)系统能效比

Fig. 2 Variation of energy efficiency refrigeration with time (a. mode)

模式(b)系统能效比如图 3 所示,从 11:20 到 15:20,随着冷凝温度显著升高,模式(b)下系统的制冷能效比 $EERc$ 有所降低,由 11:20 的 2.88 降低到 15:20 的 2.39。同时,模式(b)下系统的系统总能效比 $EERc + w$ 降低很大,由 11:20 的 6.48 降低到 15:20 的 3.23,这主要是由于回收的冷凝热量减少而造成的。此时热回收系统中水箱水温已达到 53.3℃,满足生活用水要求,通过自动控制手段,自动将运行模式由模式(b)切换到模式(a),开始常规的风冷运行。为了不明显影响空调系统的能效比,建议加热水箱的水温不要超过 55℃。

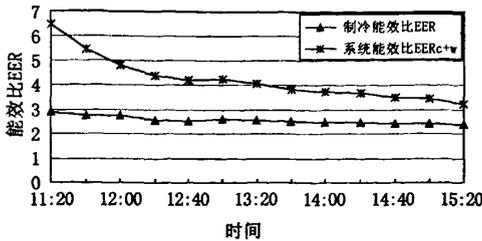


图3 模式 (b) 系统能效比

Fig.3 Variation of energy efficiency refrigeration with time (b.mode)

以上实验数据表明,对于部分热回收机组,增加热回收装置后,并没有明显影响空调侧的能效比,而系统的总能效比得到相应提高。不装热回收换热器前,机组的制冷能效比平均为 2.80,增加热回收装置后,机组的制冷能效比平均为 2.60,系统总能效比平均为 4.2。在本循环水冷却热回收实验中,冷却介质为低温(相对空气来说)的水,从理论上说,机组的平均制冷能效比应远大于 2.60,可能是由于在改装时,选用的板式换热器性能(换热系数,换热面积,换热量等)与原风冷空调机组的性能不太匹配,导致出现制冷能效比较低。如果选用的换热器比较合适,性能比较匹配,制冷能效比将会有大幅度的提高。以上整个测试过程涉及到的热回收是部分热回收,风冷冷凝器的风机始终开启,仍有一部分冷凝热释放到外界环境中。如果实际工程需要,可加大热回收侧的水流量,实现机组的全热回收,机组的能效比将更高。

3.2 蓄水箱水温的变化

蓄水箱水温随时间的变化曲线如图 4 所示,随着空调运行时间增加,蓄水箱水温不断增加,由 11:20 的 23.4℃ 上升到 15:20 的 53.3℃,完全可以满足生活用水要求。从图 2 可以看出,水温曲线的斜率逐渐变小,升温速度变慢。加热生活热水所需要的时间与循环水的流速、蓄水箱的储水量、空调的制冷量等有很大关系,在实际工程应用中,我们可以根据需求调节某些量而改变加热生活热水所需要的时间。

3.3 热回收进出水温及冷凝热回收量的变化

在热回收循环水流量不变的情况下,热回收进出水温及冷凝热回收量随时间的变化如图 5 所示。回收的冷凝热量随着进水温度的增加而减少,即进水温度越高,进出水温差越小,回收的冷

凝热量就减少。

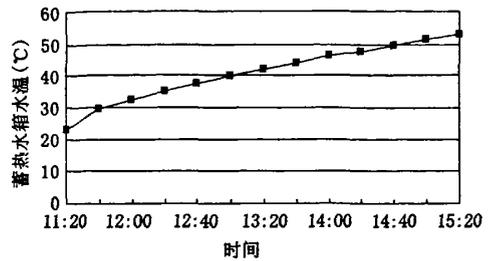


图4 蓄水箱水温随时间的变化曲线

Fig.4 Variation of the temperature of domestic hot water supplyin water tank for storing heat with timea

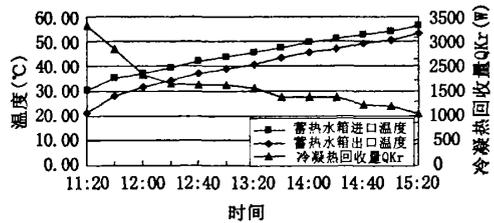


图5 水温及冷凝热回收量随时间的变化

Fig.5 Variation of water temperature condenser heat recovery with time

3.4 热回收率的变化

在热回收循环水流量不变的情况下,热回收率随时间的变化如图 6 所示。经工程测算,冷凝器的散热量是制冷量的 1.2~1.3 倍。我们把冷凝热回收量与冷凝热的总散热量的比值定义为热回收率。由图 6 可以看出,热回收率随着空调运行时间增加而减少。

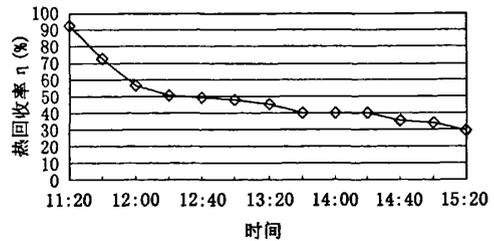


图6 热回收率随时间的变化

Fig.6 Variation of percentage of heat recovery with time

4 结论

1) 只要合理地控制供水温度,冷凝热回收实验系统就能稳定可靠运行,没有明显影响空调侧的能效比,并且在制冷和提供生活热水的同时,提高了系统的总能效比,达到节能环保(下转第 43 页)

化程度加重,如果按照马尔可夫模型预测的趋势发展下去,人工湿地将继续增加,成为区域内的优势景观,而天然湿地继续减少,湿地处于退化状态,湿地的生态环境遭到破坏,应立即采取措施加强湿地保护。

参考文献:

- [1] 莫明浩,毛建华,梁淑荣.基于RS和GIS的鄱阳湖典型湿地覆盖变化及生态环境保护[J].地球科学与环境学报,2007,(2):210-213.
- [2] 朱晓华,江南,周连义.南京沿江湿地资源现状与保护

[J].安徽农业科学,2007(10):3012-3014.

- [3] 肖笃宁,李秀珍.当代景观生态学的进展和展望[J].地理科学,1997,17(4):356-363.
- [4] BENSON, DEGLORIA. Interpretation of Landsat - 4 The maticMapper and multi - spectral scanner data for forest urvey[J]. Photo Grammetric Engineering and Remote Sensing, 1985,51(9):1281-1289.
- [5] 朱博勤.土地资源单要素计算机解译模式化研究[J].环境遥感,1996,11(2):101-107.
- [6] 杨山.发达地区城乡聚落形态的信息提取与分形研究—以无锡市为例[J].地理学报,2000,55(6):671.

(责任编辑 闫纯有)

(上接第35页)保的目的。

2)随着冷凝热回收实验系统运行时间不断增加,蓄水箱水温的不断升高,循环冷却水的进出水温差逐渐减小,冷凝热回收量和冷凝热回收率也逐渐减少。

参考文献:

- [1] JOSUAP. MEYER. Domestic hot water consumption of the developed and developing communities in South Africa[J]. ASHRAE Transactions, 1999,105(1):173-178.
- [2] LEKOV, ALEX B, LUTZ, *et al.* Cost of increased energy efficiency for residential water heater[J]. ASHRAE Transactions, 2000, 106(2): 875-891.

[3] 王惠想,张伟捷.建筑空调能耗与城市热岛效应[J].河北建筑科技学院学报,2004,21(1):23-27.

- [4] 张伟捷,靳松.建筑能量系统对都市“热岛”形成的影响[J].河北建筑科技学院学报,2002,19(4):15-17.
- [5] 季杰.家用空调和热水器一体化装置[P].中国专利,ZL00240603.2001-07-06.
- [6] 季杰,裴刚,何伟,等.空调-热水器一体机单独制热水模式的性能模拟和实验分析[J].暖通空调,2004,34(12):96-98.
- [7] 林宏.谈家用空调冷凝热的回收利用[J].建筑热能通风空调,2002,32(5):67-68.
- [8] 江辉民.带热水供应的节能型空调器的实验研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2003.

(责任编辑 闫纯有)

带热水供应的家用空调器运行特性研究

作者: [高彦兵](#), [张伟捷](#), [徐茂程](#), [GAO Yan-bing](#), [ZHANG Wei-jie](#), [XU Mao-cheng](#)
作者单位: [高彦兵, 张伟捷, GAO Yan-bing, ZHANG Wei-jie \(河北工程大学, 城建学院, 河北, 邯郸, 056038\)](#),
[徐茂程, XU Mao-cheng \(烟台市莱山区建设局, 山东, 烟台, 264003\)](#)
刊名: [河北工程大学学报 \(自然科学版\)](#) 
英文刊名: [JOURNAL OF HEBEI UNIVERSITY OF ENGINEERING \(NATURAL SCIENCE EDITION\)](#)
年, 卷(期): 2008, 25 (2)

参考文献(8条)

1. [JOSUAP.MEYER](#) [Domestic hot water cortsumpfion of the developed and developing communities in South Africa](#)[外文期刊] 1999(01)
2. [LEKOV;ALEX B;LUTZ](#) [Cost of increased energy efficiencyfor residentialwater heater](#) 2000(02)
3. [王惠想;张伟捷](#) [建筑空调能耗与城市热岛效应](#)[期刊论文]-[河北建筑科技学院学报 \(自然科学版\)](#) 2004(01)
4. [张伟捷;靳松](#) [建筑能量系统对都市“热岛”形成的影响](#)[期刊论文]-[河北建筑科技学院学报 \(自然科学版\)](#) 2002(04)
5. [季杰](#) [家用空调和热水器一体化装置](#) 2001
6. [季杰;裴刚;何伟](#) [空调-热水器一体机单独制热水模式的性能模拟和实验分析](#)[期刊论文]-[暖通空调](#) 2004(12)
7. [林宏](#) [谈家用空调冷凝热的回收利用](#)[期刊论文]-[建筑热能通风空调](#) 2002(05)
8. [江辉民](#) [带热水供应的节能型空调器的实验研究](#)[学位论文] 2003

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_hbjzkjxyxb200802009.aspx