

分体空调冷凝水回收利用实验研究

陈鹏, 卢军, 张惠民, 霍侦侦, 曾潇

(重庆大学城市建设与环境工程学院, 重庆 400045)

摘要:针对分体空调冷凝水的浪费和无规律排放,回收冷凝水用于预冷冷凝器进风具有实际的节能潜力,笔者通过制作的一套冷凝水回收预冷装置,将该装置应用于某实验室单体空调,并进行了3种工况下的试验测试,分别为未装预冷装置、提供足够冷水预冷装置,以及空调器提供自身冷凝水预冷装置。计算和分析结果表明装有预冷装置前后,无论提供足够冷水还是自身产生的冷凝水,其性能系数COP分别提高了12.94%和9.52%。同时发现冷凝水产生量与需水量具有一定的差距,仅为需水量的56.26%。最后,结合试验现状和结果,对该预冷装置的应用和推广给出了相应的建议。

关键词:分体空调;预冷装置;冷凝水;制冷量;性能系数

中图分类号:TU831

文献标志码:A

文章编号:1674-4764(2012)S2-0169-04

Experiment Research of Recycle the Condensate Water of Split Air-conditioner

CHEN Peng, LU Jun, ZHANG Hui-min, HUO Zhen-zhen, ZENG Xiao

(Chongqing University, School of Urban Construction and Environmental Engineering, 400045 Chongqing, P. R. China)

Abstract: In allusion to waste and irregularity emissions of the condensate water of split air-conditioner, with the actual energy saving potential to recycle the condensate water use for precool the inlet air of condenser, the author by means of make a device to recycle and precool the condensate water, then apply this device to split air-conditioner of a laboratory, and experiments are conducted. The computation and analysis results showed that before and after equipped with the precooled device, COP of the conditioner increasing 12.94% and 9.52% respectively under the conditions which applying sufficient cold water or produced condensate water by itself. Meanwhile, a certain gap of quantity between the produced condensate water and the cool water demanded was discovered, the former only account to 56.26% of the latter. In the end, combine the experiment condition and results to give some corresponding suggestions so as to the application and popularization of the precooled device.

Key words: Split air-conditioner, Precooled device, Condensate water, Refrigerating capacity, Coefficient Of Performance

随着全球范围内能源需求的不断增长以及不可再生能源的快速消耗,能源供应日趋紧张。从资源消耗上来看,全球约1/6的资源消耗与建筑行业直接相关,中国建筑能耗总量已占能源总消费量的27.6%。而建筑能耗里,用于暖通空调的能耗又占建筑能耗的30%~50%。如何降低空调能耗,以最少的投入换取最大的产出,追求在消耗最少的能源前提下,达到舒适、经济、节能的目的成为人们研究的重点。将建筑节能新技术与空调系统相匹配,从而达到降低空调系统运行能耗、提高空调的制冷效率的目是此次课题研究的主要内容^[1]。

人们生活水平的提高,伴随着生活水平和工作环境的提高,因此近几年,我国分体空调器的生产和应用的发展非常迅猛。当前,空调器产生的冷凝水达到直接排放,这种方式既浪费了冷凝水的有效冷量,同时还影响了周围环境给用户带来不便。实际上,空调器冷凝水无需向外排放,反而可以将其用来预冷冷凝器进风,对冷凝器的散热有利,在降低空调器运行能耗的同时也解决了空调器环境污染现象。

不少科研工作者曾对空调冷凝水利用方面进行了研究^[2-4],但这些研究主要是针对冷水如何利用以及实验方案,偏重于理论而缺少试验研究。本文就回收冷凝水用于预冷冷凝器进风对空调器性能的影响进行了试验。

1 试验装置及原理介绍

为了便于试验操作和数据测试,选择重庆大学城环实验楼一楼某实验室分体空调作为试验对象,该实验室长8 m,宽3.5 m,高4 m。该实验室单体空调型号为格力3P柜机KFR-72LW/E(72568L)C1-N2,部分额定参数见表1。

表1 KFR-72LW/E(72568L)C1-N2型柜机额定参数

参数名称	额定值	参数名称	额定值
制冷量/W	7200	内机尺寸/mm	520×1800×337
制冷功率/W	2285	外机尺寸/mm	980×790×440
制热量/W	8100	电源	1PH-220 V-50 HZ
制热功率/W	2380	室内送风口尺寸/cm	28×41.5
循环风量/m ³ /h	1200	室外出风口尺寸/cm	D=70

为了回收冷凝水用于预冷冷凝器进风,制作如图 1 所示的试验装置实体。该装置主要由上、下水槽,海绵吸湿条,小潜水泵,小水箱,水管和插座等组成。由于室内机安装高度与室外机一致,需采用水泵将产生的冷凝水输送到预冷装置中;冷凝水的产生具有间断性,这里用小水箱蓄水以便潜水泵运行;上水槽用于接收水泵输送的冷凝水,进而均匀分配给各个海绵吸湿条;下水槽储存沿吸湿条流下未处理完的冷凝水,以便在水槽中进一步蒸发。



图 1 试验装置实体

将预冷装置安装在冷凝器进风口处,预冷系统流程示意图见图 2 所示,截面 1-1 和 2-2 见图 3 所示。

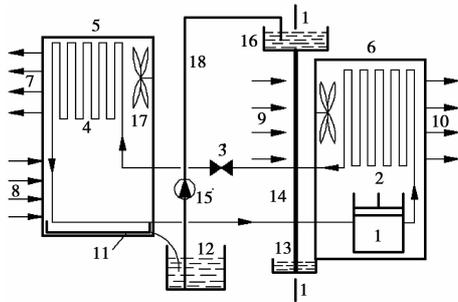


图 2 冷凝水预冷系统流程

1 压缩机,2 冷凝器,3 节流阀,4 蒸发器,5 室内机,6 室外机,7 室内送风,8 室内回风,9 室外进风,10 室外出风,11 冷凝水盘,12 小水箱,13 下水槽,14 海绵吸湿条,15 小潜水泵,16 上水槽,17 风扇,18 水管,19 用于连接海绵吸湿条的小孔

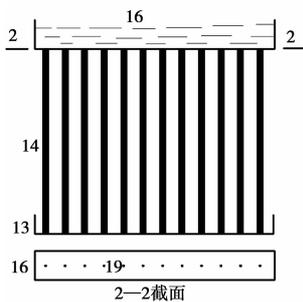


图 3 截面 1-1 和 2-2 示意图

结合图 2 和图 3,预冷系统的工作原理为:蒸发器外表面温度低于室内空气露点温度产生冷凝水,冷凝水积于冷凝水

盘,通过冷凝水管流入小水箱,再由潜水泵输送至上水槽,经过水槽底面小孔分配到海绵吸湿条上,吸湿条上的冷凝水与室外进风进行直接热湿交换,被冷却的进风与冷凝器内高温高压的制冷剂间接换热。其预冷原理见图 4 所示。

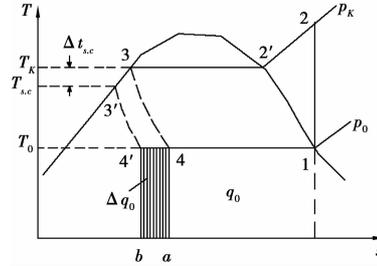


图 4 制冷循环 T-s 原理

从上图可以看出,原始制冷循环为 1-2-2'-3-4-1,装有预冷装置后制冷循环为 1-2-2'-3-3'-4'-1。其中,3-3'为预冷装置的预冷过程,制冷剂经过冷凝器时对液态制冷剂再冷却,再冷温度为 $\Delta t_{s,c}$ 。由于高压液态制冷剂的在冷却,在压缩机耗功量不变的情况下,单位质量制冷能力增加 Δq_0 ,因此节流损失减少,制冷系数有所提高。

2 参数测试及分析

为了得到预处理装置对空调器 COP 的影响,需测量的参数有:室外温湿度、室内送回风温湿度、冷凝器进出口温湿度、室内送风风速、冷凝器进风风速、空调器功率等。由此可以得到冷凝水产生量、所需冷水量以及预冷装置对空调器 COP 的影响。

2.1 温湿度测试及分析

笔者于 2012 年 8 月 13 日、14 日分别对未装备和装有预冷装置的空调器进行测试,为了排除室外环境对试验的影响,选取 12:00 到 15:00 作为测试时段。其中 13 日 12:00 到 15:00 测试了未装预冷装置的空调器运行参数,14 日所用仪器有温湿度记录仪、室内空气品质检测仪、三项钳形功率表和通风表等。该时段内室外环境、室内送回风以及冷凝器进出风的干球温度及相对湿度变化见图 5。

从图 5 可以看出,测试期间的温度和相对湿度较为稳定,干球温度范围为 $33.7\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 34.3\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度范围为 $62\% \sim 63.5\%$ 。两次试验的平均参数分别为 $34.01\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 62.79% 和 $34.05\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 62.62% ,平均干球温度和相对湿度差值仅为 $0.04\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 0.17% 。文献[1]给出某分体空调器在室内设定温度为 $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,其 COP 与室外干球温度的关系式为:

$$COP = -0.088 t_{e,d} + 6.6236$$

从上式可以计算得到室外温度分别为 $34.01\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $34.05\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,COP 分别为 3.627 和 3.624,变化仅为 0.0827%。为此,在两次试验对比中,可以忽略室外环境对空调器 COP 的影响。

2.2 冷凝水量计算

2.2.1 空调器冷凝水产生量计算 夏季空调器的蒸发温度较室内空气的露点温度低,产生冷凝水。冷凝水量可由下式计算:

$$M_{c,0} = \rho V F (d_{e,1} - d_{e,2})$$

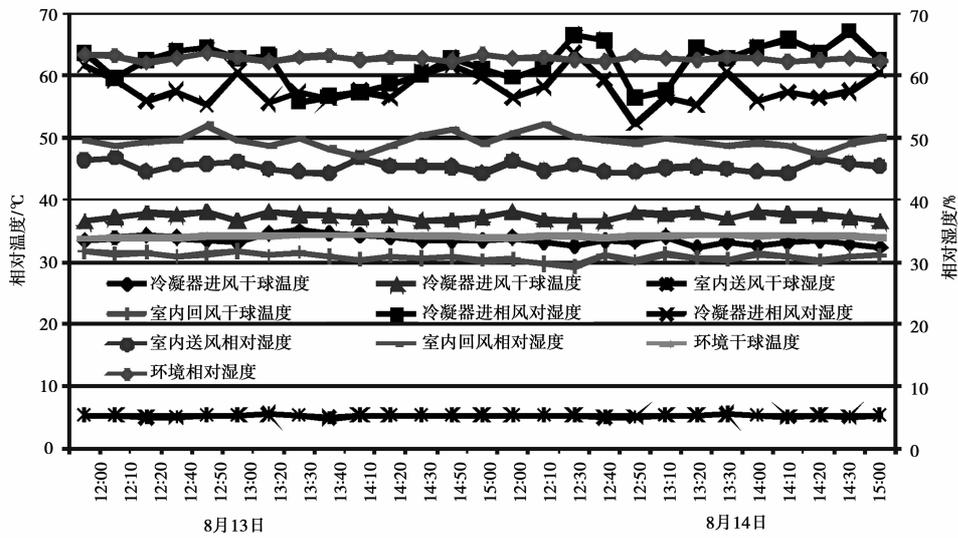


图 5 测试期间室外干球温度和相对湿度变化

式中： $M_{e,0}$ ——空调产生的冷凝水量，kg/h；
 ρ ——空气密度，kg/m³；
 V ——室内送风口平均风速，m/s；
 F ——室内送风口面积，m²；
 $d_{e,1}$ ——室内回风含湿量，g/g；
 $d_{e,2}$ ——室内送风含湿量，g/g。

通过测得的室内送、回风干球温度和相对湿度可得空气的含湿量，选取 5 个测点风速的算术平均值作为平均风速。由此计算得到空调器产生的冷凝水量见图 6 所示。

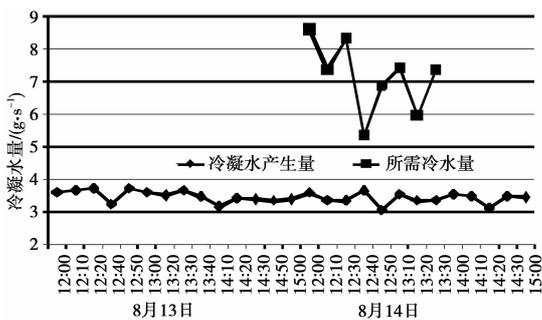


图 6 空调器冷凝水产生量和所需冷凝水量

从图 6 可以看出，测试期间该空调器冷凝水产生量为 3.08~3.74 g/s，平均值为 3.46 kg/s，冷凝水产生量较为稳定。

2.2.2 预冷装置所需冷凝水计算 将预冷装置安置在冷凝器进风口处，上水槽和下水槽都装满冷水，同时每次测试数据之前均将海绵吸湿条用冷水润湿，尽可能提高冷凝器进风的吸湿能力。空调器运行期间，通过测得冷凝器进、出风干球温度、相对湿度和风速等，即可得到预冷装置所需冷凝水量，计算结果绘于图 6。从中可以看出，预冷所需冷凝水量为 3.66 g/s~8.21 g/s，平均值为 6.15 g/s。同时，冷水需求量与冷凝水产量相比，逐时变化较大。

从上述分析可知，空调产生的冷凝水量小于预冷所需冷凝水量，差值约为 2.69 g/s，达到所需水量的 56.26%。为此在实际应用中，为了达到更好的预冷效果，需额外的添加

冷水。

2.3 预冷装置空调器 COP 的影响

为了对比空调器安装预冷装置前后其性能的变化以及自身提供的冷凝水预冷与足够冷水预冷的效果比较，就 3 种工况分别进行了试验。通过对试验数据的处理，得到 3 次试验下空调器 COP 变化曲线。试验期间空调的功率、制冷量以及 COP 的变化见图 7 所示。

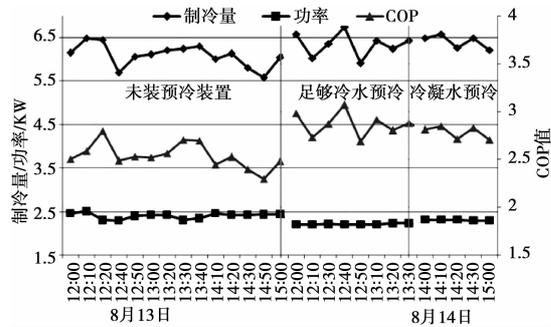


图 7 空调的功率、制冷量以及 COP 的变化

从图 7 可以看出 3 种试验工况下的功率、制冷量和 COP 值的变化，具体表现为以下几方面。

- 1) 功率。该空调器装有预冷装置前后功率所有减小，分别减小约 0.19 KW 和 0.10 KW，即减小比例为 4.9% 和 4.1%。
- 2) 制冷量。从图 7 中可以看出各测试时刻制冷量变化较大。装有预冷装置后，制冷有所增大，增大约 0.25 KW 和 0.31 KW。
- 3) 性能系数 COP。装有预冷装置的空调器，由于功率降低和制冷量的增大，最终表现为 COP 的增大。未装预冷装置、足够冷水预冷以及冷凝水预冷 3 种工况下的平均 COP 分别为 2.54、2.87 和 2.78，由此装有预冷装置后 COP 分别提高 12.94% 和 9.52%。

3 结论

通过试验表明，采用预冷装置后，无论配有足够冷水还

是自身产生的冷凝水,都使得空调器耗功率降低和制冷量的提高,相对对原始空调器 COP 分别提高了 12.94% 和 9.52%,具有一定的节能潜力,同时解决了冷凝水的浪费和无规律排放问题。

提供足够冷水与自身产生冷凝水两种工况下,前者更具有节能潜力,即 COP 提高更大。而空调器冷凝水产生量不足以提供其所需的冷水量,仅为前者的 56.26%,因此在实际应用可以通过人为的办法添加冷水,以便发挥出预冷装置最大的节能潜力。

本次试验采用了小型潜水泵将冷凝水输送到上水槽,但是实际应用中可以通过正确的安装方式,即室内机安装高于室外机以便冷凝水能够自动流到上水槽,这样可以减少部分投资,以便该装置的推广和应用。

参考文献:

[1] 刘雄伟,刘刚,张阳,等.室外空气干球温度对分体式空调器运行

能效影响的实验分析[C].//第六届国际绿色建筑与建筑节能大会论文集.2010:335-339.

[2] 陈思.利用空调冷凝水冷却冷凝器节能效果的分析[J].制冷与空调,2004,4(5):75-77.

[3] 吴东兴.空调冷凝水节能分析与应用[J].流体机械,2004,32(11):66-68.

[4] 赵歧华.对《房间空调器冷凝水的利用与节能》的一点看法[J].暖通空调 2005,35(5):58-69.

[5] 李莎,周鹏飞.利用冷凝水来提高分体空调器的能效比[J].天津工业大学学报,2006,25(6):68-74.

[6] 周蔚.空调冷凝水回收利用技术及实践分析[J].实验室科学,2011,14(5):66-68.

[7] 万丽霞,陈刚,李慧敏.分散式空调冷凝水的回收与节能利用探讨[J].建筑节能,2012,4(40):23-25.

(编辑 欧阳雪梅)