

# 变蒸发温度下压缩冷凝机组的性能实验研究

张进贤<sup>1</sup>, 黄 虎<sup>1</sup>, 黄 芳<sup>2</sup>, 张忠斌<sup>1</sup>, 汪 庆<sup>3</sup>

(1. 南京师范大学 能源与机械工程学院 江苏 南京 210042;

2. 衡水科技学校 河北 衡水 053000;

3. 泰州市南风冷链有限公司 江苏 泰州 225300)

**[摘要]** 保持环境温度不变,在 $-15^{\circ}\text{C}\sim 0^{\circ}\text{C}$ 的蒸发温度范围内对压缩冷凝机组进行了测试.分析了变蒸发温度对压缩冷凝机组 COP、输入功率、压力比、吸气温度、排气温度等性能参数的影响,得出制冷量和蒸发温度之间的线性拟合关系.由实验得出:环境温度不变,蒸发温度上升 $1^{\circ}\text{C}$ ,COP 平均上升 2.2%.该实验为压缩冷凝机组的设计和工程应用提供了实验参考依据.

**[关键词]** 变蒸发温度 压缩冷凝机组 性能 试验

**[中图分类号]** TU834 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1672-1292(2011)02-0058-04

## Experiments Study on Performance of Condensing Unit at Varied Evaporating Temperature

Zhang Jinxian<sup>1</sup>, Huang Hu<sup>1</sup>, Huang Fang<sup>2</sup>, Zhang Zhongbin<sup>1</sup>, Wang Qing<sup>3</sup>

(1. School of Energy and Mechanical Engineering, Nanjing Normal University, Nanjing 210042, China;

2. Hengshui Science and Technology School, Hengshui 053000, China;

3. Taizhou Souther Cold Chain Co., Ltd., Taizhou 225300, China)

**Abstract:** Experiment of condensing unit at varied evaporating temperature has been conducted when the ambient temperature is constant. The effects of the evaporating temperature on the characteristics of COP, power input, compression ratio were analyzed. The linear fitting relation between refrigerated volume and the evaporating temperature was obtained. The test shows that with an increase in the evaporating temperature of  $1^{\circ}\text{C}$ , COP increased by 2.2% when the ambient temperature is constant. The test provides an important experimental reference for further improvement and application.

**Key words:** varied temperature, condensing unit, performance, experiment

近期,国家出台了一系列空调能效新标准,提高空调能效水平已成为全球化的趋势.日本、美国及欧盟已制定了空调能效水平的明确要求,提高空调能效比成为中国空调进入国际市场的敲门砖.

压缩冷凝机组的应用越来越广泛,在节能的大背景下,对压缩冷凝机组的能效测定及优化也就越来越重要.国内有一些关于压缩冷凝机组测试装置、测试方法及自动控制系统的研究.文献[1]对某压缩冷凝机组检测实验室进行了论述,介绍了其恒温室及量热器工作原理、自动控制过程和数据采集系统.文献[2-3]介绍了压缩冷凝机组性能测试试验台测控系统,主要针对测控系统的设计,包括测控温度控制及测控系统软件设计.文献[4]从热力学及经济学角度对容积式压缩冷凝机组性能试验方法做了综合性的评判.国外一些研究则侧重室外环境对机组性能的影响.文献[5]研究屋面反射对冷凝器进口温度的影响及冷凝器风扇运行对排出的热空气再循环的影响.文献[6-7]从 CFD 数值模拟的角度分别对高、低层建筑放置风冷设备的凹形屋顶、机房进行了分析,讨论了其对风冷压缩冷凝机组运行能效及人体热舒适度的影响.

本文侧重于对机组运行性能的研究.在不同蒸发温度下对压缩冷凝机组进行了实验,对变蒸发温度下压缩冷凝机组的运行情况进行了分析、研究.

收稿日期: 2011-03-01.

通讯联系人: 黄 虎,博士,教授,研究方向: 制冷、热泵系统性能分析与改造. E-mail: hulqf@163.com

1 实验装置及测试工况介绍

该实验系统由室外侧环境模拟间和室内侧环境模拟间、测量装置及测试机组组成. 将风冷压缩冷凝机组及冷风机分别放在实验室的室外侧及室内侧环境间 ,通过控制实验室室外侧、室内侧的干球温度 ,来调节模拟的环境温度及冷风机的蒸发温度.

实验样机流程如图 1 所示 样机系统采用 R404A 制冷剂 ,主要由涡旋压缩机、风冷冷凝器、储液器、干燥过滤器、节流阀、冷风机组成. 该系统较简单 ,可很大程度上排除零配件压损对机组性能的影响. 为更好地了解被测机组的运行性能 ,沿系统流程布置了 6 个压力与温度测点 ,可反映机组的吸排气压力、温度等热力学参数及输入功率等宏观特征参数. 其中 ,吸气压力测点 6、排气压力测点 1 用来反映系统蒸发压力和冷凝压力的变化.

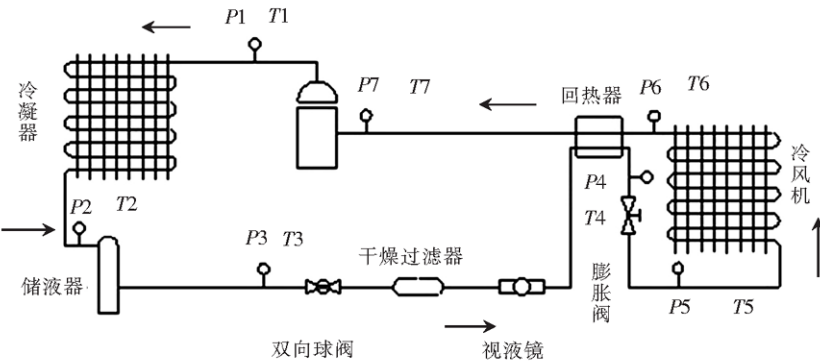


图 1 测试机组流程图

Fig.1 System flow of condensing unit

表 1 压力与温度测点分布说明

Table 1 Instruction of pressure and temperature measuring points		
序号	P	T
1	排气压力	排气温度
2	进储液器压力	进储液器温度
3	进膨胀阀压力	进膨胀阀温度
4	出膨胀阀压力	出膨胀阀温度
5	出蒸发器压力	出蒸发器温度
6	吸气压力	吸气温度

表 2 测试仪器及其精度

Table 2 Test equipment and precision				
仪器名称	厂家	规格	精度	备注
数据采集仪	Agilent	34970A	—	2 组
功率计	YOKOGAWA	WT230	±0. 5%	量程:0 ~45 kW
电磁式流量计	YOKOGAWA	ADMAG	±0. 5%	量程:0 ~1. 5 ton/h
干球温度传感器	YOKOGAWA	Pt100	精度等级 A: ± ( 0. 15 +0. 2% t)	—
湿球温度传感器	YOKOGAWA	Pt100	精度等级 A: ± ( 0. 15 +0. 2% t)	环境温度 0℃ 以上用
湿球温度传感器	VAISALA	HMT100	±1%	环境温度 0℃ 以下用
制冷剂压力传感器	麦克	MPM480	±0. 5%	测量范围 0 ~3. 0 MPa
精密压力表	上海自动化仪器四厂	YB—150B	0. 25B 级	测量中间补气压力
热电偶	—	T 型	±0. 3℃	量程 -50℃ ~200℃
大气压力	—		0. 09 ~0. 12 MPa	0. 1%

2 实验数据及分析

该实验研究蒸发温度对机组运行的影响. 在定环境温度 20℃ 的时候 ,调节室内侧干球温度 ,以国标 GB/T21363 -2008<sup>[8]</sup>中规定的 -7℃ 为基准 ,上、下各取两组数据 ,即在蒸发温度分别为 0℃、-3℃、-7℃、-10℃、-15℃ 的工况下进行实验. 当环境间温度达到设定要求且机组运行稳定后 ,采集相应的状态参数 ,

整个数据采集过程持续 15 min( 采样间隔为 5s) ,取其平均值作为各参数的测量值. 对实验结果进行分析.

当蒸发温度上升 ,由于压缩机的吸气比容小 ,冷媒的质量循环量增大 ,所以制冷量增大. 如图 2 所示 ,随蒸发温度升高 ,制冷量和输入功率都上升 ,输入功率上升幅度随蒸发温度升高有所减缓. 由变化曲线拟合出制冷量与蒸发温度的线性关系为:  $Q=0.148t_e+6.5(\text{kW})$  ,其中  $Q$  为制冷量;  $t_e$  为蒸发温度.

随着蒸发温度升高 ,COP 增大 ,如图 3 所示. 结果显示 ,蒸发温度平均升高 1℃ ,制冷量增加 3.4% ,输入功率增加 1% ,COP 增加 2.2% . 在环境温度不变的情况下 ,制冷量增大 ,冷凝器负荷增加 ,所以冷凝温度随蒸发温度上升而上升. 当蒸发温度达到 0℃ 时 ,冷凝温度与环境温度温差超过了 15℃ ,若冷凝温度继续升高 ,会使冷凝压力增高 ,不利于压缩机运行 ,因此在设计时 ,应适当增大冷凝器的换热面积 ,以减小传热温差. 当蒸发温度由 -15℃ 升到 0℃ 时 ,过冷度由 6℃ 降到 2℃ ,由于使用了回热器 ,过热度可升至 15℃ 左右.

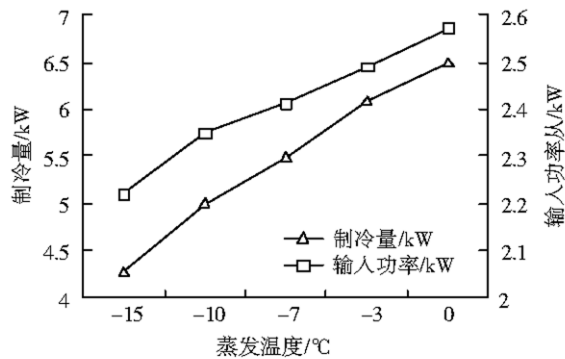


图 2 制冷量、输入功率随蒸发温度的变化  
Fig.2 Refrigerating capacity and power input versus evaporating temperature

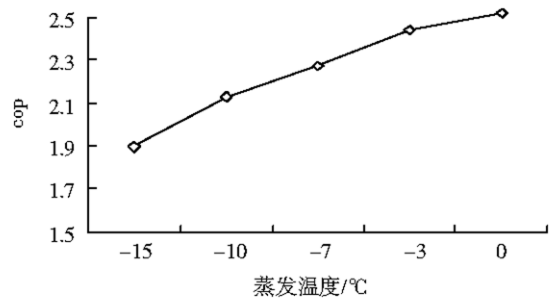


图 3 COP 随蒸发温度的变化  
Fig.3 COP versus evaporating temperature

图 4 为吸、排气压力随蒸发温度的变化 ,蒸发温度上升 ,吸气压力由 0.35 MPa 上升到 0.58 MPa ,排气压力由 1.59 MPa 上升到 1.9 MPa ,吸气压力增幅大于排气压力增幅 ,压比由 4.5 降到 3.3. 冷凝器侧压降在 0.021 ~ 0.030 MPa 范围内波动 ,反映了 R404A 的流动性能好 ,有助于改善因流动压降产生的对压缩机及系统的影响. 图 5 为吸、排气温度随蒸发温度的变化 ,蒸发温度上升 ,吸、排气温度上升.

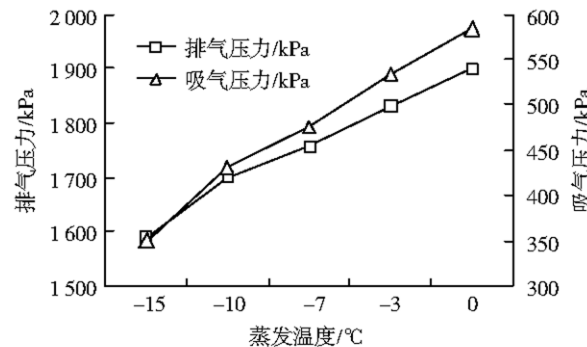


图 4 吸、排气压力随蒸发温度的变化  
Fig.4 Suction and discharge pressure versus evaporating temperature

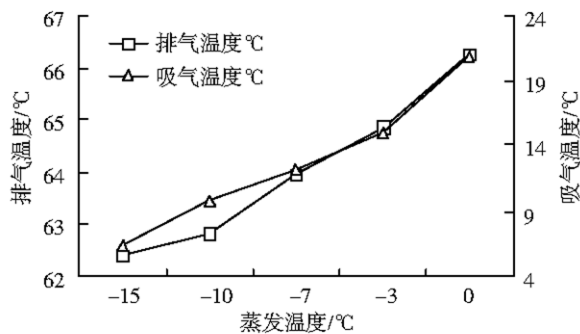


图 5 吸、排气温度随蒸发温度的变化  
Fig.5 Suction and discharge temperature versus evaporating temperature

3 结论

本文通过对实验数据进行分析 ,探讨了蒸发温度变化对压缩冷凝机组性能参数的影响 ,也定量地获得了机组制冷量与蒸发温度的变化 ,对深入掌握压缩冷凝机组的运行特性 ,从而更好地进行该类型机组的系统设计及工程应用做了一些基础的实验工作. 实验结果表明: 蒸发温度平均升高 1℃ ,制冷量增加 3.4% ,输入功率增加 1% ,COP 增加 2.2% . 为获得较好的性能 ,压缩冷凝机组应匹配最佳的冷风机 ,如条件允许 ,可小温差运行 ,使机组的性能达到最优 ,如: 果蔬气调库可采用变蒸发温度的运行方法 ,在进货阶段 ,采用

和普通高温库一样的蒸发温度,保温阶段热负荷小可采用小温差。

### [参考文献](References)

- [1] 袁亚周,涂淑平. 制冷压缩冷凝机组性能测试室研究[J]. 机电设备 2006 23(2):26-28.  
Yuan Yazhou ,Tu Shuping. Research on performance test room of certain refrigeration compression condensing unit [J]. Mechanical and Electrical Equipment 2006 23(2):26-28. ( in Chinese)
- [2] 宋敏,张良,柳建华,等. 压缩冷凝机组性能试验台测控系统研制[J]. 制冷与空调 2008 8(1):33-38.  
Song Min ,Zhang Liang ,Liu Jianhua ,et al. Design of automatic test and control system for the compressor condensing unit testing system[J]. Refrigeration and Air-Conditioning 2008 8(1):33-38. ( in Chinese)
- [3] 张良,柳建华,邬志敏,等. 压缩冷凝机组吸气温度及吸气压力精确控制的研究[J]. 流体机械 2009 37(7):77-81.  
Zhang Liang ,Liu Jianhua ,Wu Zhimin ,et al. Study of suction temperature and pressure controlling method for refrigeration compression condensing unit performance test system [J]. Fluid Machinery 2009 37(7):77-81. ( in Chinese)
- [4] 张忠斌,黄虎. 基于分析的压缩冷凝机组试验方法比较[J]. 南京师范大学学报:工程技术版 2008 8(2):41-45.  
Zhang Zhongbin ,Huang Hu. Comparison between methods of performance experiment of positive displacement refrigerant compressor condensing units [J]. Journal of Nanjing Normal University: Engineering and Technology Edition 2008 8(2):41-45. ( in Chinese)
- [5] Craig Wray ,Hashem Akbari. The effects of roof reflectance on air temperatures surrounding a rooftop condensing unit [J]. Energy and Buildings 2008 (40):11-28.
- [6] Chow T T ,Lin Z ,Yang X Y. Placement of condensing units of split-type air-conditioners at low-rise residences [J]. Applied Thermal Engineering 2002 (22):1431-1444.
- [7] Chow T T ,Lin Z ,Wang Q W. Effect of building re-entrant shape on performance of air-cooled condensing units [J]. Energy and Buildings ,2000 (32):143-152.
- [8] 艾默生环境优化(苏州)研发有限公司,等. GB/T21363-2008 容积式压缩冷凝机组[S]. 中国国家标准化管理委员会,2008.  
Emerson Climate Technologies( Suzhou) Co.,Ltd. R&D ,et al. GB/T21363-2008 ,Positive Displacement Refrigerant Compressor Condensing Unit [S]. Standardization Administration of China ,2008. ( in Chinese)

[责任编辑:刘 健]